

**LAPORAN AKHIR TAHUN  
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**JUDUL PENELITIAN**

**KARAKTERISASI BIOCHAR-PUPUK ORGANIK  
PADA BEBERAPA JENIS TANAH DI LAHAN KERING**

**Tahun ke 2 dari rencana 4 tahun**

Ketua Tim Peneliti:

Dr. Ir. Widowati, MP (NIDN 0024086506)

Anggota Tim:

Sutoyo, SP., MP (NIDN 0002076012)

Hidayati Karamina, SP., SH., MP (NIDN 0704019101)

Dibiayai oleh:

Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2018

**UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADDEWI  
MALANG  
NOPEMBER 2018**

#### HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering Iklim Kering

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Dr. Ir WIDOWATI, M.P  
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi  
NIDN : 0024086506  
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
Program Studi : Agroteknologi  
Nomor HP : 0822 4571 1408  
Alamat surel (e-mail) : widwidowati@gmail.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : SUTOYO S.P, M.P  
NIDN : 0002076012  
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : HIDAYATI KARAMINA S.H., S.P, M.P  
NIDN : 0704019101  
Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tungga Dewi

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 4 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 115,000,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 513,710,000

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Pertanian



(Dr. Ir. Amir Hamzah, MP)  
NIP/NIK 0027056718

Malang, 2 - 11 - 2018

Ketua,



(Dr. Ir. WIDOWATI, M.P)  
NIP/NIK 196508241993022001

Menyetujui,  
Ketua LPPM



(Dr. Ir. Eko Marhanianto, MP)  
NIP/NIK 0003106802

## **PRAKATA**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas anugerahNya sehingga laporan akhir tahun kedua dari Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) dapat diselesaikan. Penelitian lanjutan dengan judul “Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering” merupakan penelitian untuk mendukung tercapainya RENSTRA PENELITIAN PT di bidang Ketahanan Pangan. Topik unggulan, diantaranya *Pengembangan Teknologi Produksi Pangan Ramah Lingkungan*. Penelitian ini menggunakan tanaman jagung sebagai tanaman indikator yang ditanam di lahan kering yang diberi biochar-pupuk organik.

Pada kesempatan ini, tim peneliti menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kemenristek-Dikti yang telah mendanai PTUPT yang akan diselesaikan dalam waktu 4 tahun (2017-2020).

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih perlu penyempurnaan. Oleh karena itu diperlukan masukan dan saran dari berbagai pihak. Harapan penulis, kiranya laporan kemajuan ini bermanfaat bagi masyarakat luas dan membawa hasil yang membangun bagi pertanian lahan kering.

Malang, Nopember 2018

Peneliti,

Widowati

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	
<b>PRAKATA .....</b>	
<b>DAFTAR ISI .....</b>	
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	
<b>RINGKASAN .....</b>	
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Khusus .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Lahan Kering .....	4
2.2. Karakteristik biochar .....	9
2.3. Pengaruh pemberian biochar terhadap kesuburan tanah .....	10
<b>III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....</b>	<b>14</b>
3.1. Tujuan Penelitian .....	14
3.2. Manfaat penelitian .....	14
<b>IV. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tanah penelitian dan produksi biochar .....	15
3.2 Rancangan percobaan .....	15
<b>V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI .....</b>	<b>17</b>
5.1. Karakteristik biochar, pupuk organik, dan tanah awal .....	17
5.2. Pertumbuhan Tanaman.....	19
5.2.1. Tinggi tanaman .....	19
5.2.2. Biomasa tanaman .....	19
5.3. Analisis Pertumbuhan Tanaman .....	22
5.3.1. Indek luas daun (ILD) .....	22
5.3.2. Luas daun spesifik.....	23

5.3.3. Hasil Jagung Pipilan.....	24
5.4. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah setelah inkubasi (7 hari), pertumbuhan vegetatif maksimum (60 hari), dan panen (112 hari) .....	26
5.4.1. pH (H <sub>2</sub> O).....	26
5.4.2. Bahan Organik Tanah.....	34
5.4.3. Jumlah Basa .....	41
5.4.4. Kejenuhan Basa (KB).....	48
5.4.5. Kapasitas Tukar Kation (KTK).....	51
5.4.6. Kadar N .....	53
5.4.7. Kadar P .....	63
5.4.8. Kadar K .....	71
5.4.9. Kadar Ca .....	77
5.4.10. Kadar Mg .....	83
5.4.11. Kadar Na.....	89
5.4.12. Efek dari perubahan biochar dan pupuk organik pada tekstur tanah saat panen .....	95
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
6.1 Kesimpulan .....	97
6.2 Saran .....	98
<b>UCAPAN TERIMA KASIH.....</b>	<b>99</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>100</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>105</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik biochar Jengkok Tembakau .....	10
Tabel 2. Karakteristik biochar dan pupuk organik dan tanah awal .....	18
Tabel 3. Hasil analisis nested design .....	19
Tabel 4. Hasil analisis nested design pH pada 7 hari .....	26
Tabel 5. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	27
Tabel 6. Hasil analisis nested design pH pada (60 hari) .....	30
Tabel 7. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	30
Tabel 8. Hasil analisis nested design pH (112 hari) .....	32
Tabel 9. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	33
Tabel 10. Hasil analisis nested design jumlah basa pada 7 hari.....	34
Tabel 11. Hasil uji DMRT kadar BO pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	35
Tabel 12. Hasil analisis nested design kadar bahan organik pada (60 hari) .....	37
Tabel 13. Hasil uji DMRT kadar bahan organik pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	38
Tabel 14. Hasil analisis nested design kadar bahan organik pada (112 hari).....	39
Tabel 15. Hasil uji DMRT bahan organik pada masing-masing jenis tanah (112 hari) ....	40
Tabel 16. Hasil analisis nested design jumlah basa pada 7 hari .....	41
Tabel 17. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	43
Tabel 18. Hasil analisis nested design jumlah basa pada (60 hari) .....	44
Tabel 19. Hasil analisis nested design jumlah basa (112 hari).....	45
Tabel 20. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	46
Tabel 21. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	47
Tabel 22. Hasil analisis nested design Kejenuhan Basa (KB) (112 hari) .....	49
Tabel 23. Hasil uji DMRT KB pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	50
Tabel 24. Hasil analisis nested design KTK (112 hari) .....	51
Tabel 25. Hasil uji DMRT KTK pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	52
Tabel 26. Hasil analisis nested design kadar N pada 7 hari .....	55
Tabel 27. Hasil uji DMRT kadar N pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	56
Tabel 28. Hasil analisis nested design kadar N pada (60 hari) .....	57
Tabel 29. Hasil uji DMRT kadar N pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	58
Tabel 30. Hasil analisis nested design kadar N total (112 hari) .....	59
Tabel 31. Hasil uji DMRT N total pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	60
Tabel 32. Hasil analisis nested design kadar P pada 7 hari .....	63
Tabel 33. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	64
Tabel 34. Hasil analisis nested design kadar P pada (60 hari) .....	66
Tabel 35. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	67
Tabel 36. Hasil analisis nested design kadar P (112 hari) .....	68
Tabel 37. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	69
Tabel 38. Hasil analisis nested design kadar K pada 7 hari .....	70
Tabel 39. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	71
Tabel 40. Hasil analisis nested design kadar K pada (60 hari) .....	72

Tabel 41. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	73
Tabel 42. Hasil analisis nested design kadar K (112 hari).....	74
Tabel 43. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	75
Tabel 44. Hasil analisis nested design kadar Ca pada 7 hari .....	76
Tabel 45. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	77
Tabel 46. Hasil analisis nested design kadar Ca pada (60 hari) .....	78
Tabel 47. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	79
Tabel 48. Hasil analisis nested design kadar Ca (112 hari) .....	80
Tabel 49. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	81
Tabel 50. Hasil analisis nested design kadar Mg pada 7 hari .....	82
Tabel 51. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	83
Tabel 52. Hasil analisis nested design kadar Mg pada (60 hari) .....	84
Tabel 53. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	85
Tabel 54. Hasil analisis nested design kadar Mg (112 hari) .....	86
Tabel 55. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	87
Tabel 56. Hasil analisis nested design kadar Na pada 7 hari .....	88
Tabel 57. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	89
Tabel 58. Hasil analisis nested design kadar Na pada (60 hari) .....	90
Tabel 59. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	91
Tabel 60. Hasil analisis nested design kadar Na (112 hari) .....	92
Tabel 61. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	93
Tabel 62. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap tekstur tanah Entisol, Litosol, Alfisol pada saat panen .....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap tinggi tanaman pada Alfisol, Entisol, dan Litosol.....	20
Gambar 2.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap biomasa pada Alfisol, Entisol, dan Litosol .....	21
Gambar 3.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap Indek Luas Daun pada Alfisol, Entisol, dan Litosol .....	22
Gambar 4.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap Luas Daun Spesifik pada Alfisol, Entisol, dan Litosol .....	23
Gambar 5.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jagung pipilan kering pada Alfisol, Entisol, dan Litosol .....	25
Gambar 6.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	29
Gambar 7.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	31
Gambar 8.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	34
Gambar 9.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar bahan organik pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	37
Gambar 10.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap bahan organik pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	39
Gambar 11.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap bahan organik pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	41
Gambar 12.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	44
Gambar 13.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	46
Gambar 14.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	48
Gambar 15.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kejenuhan basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	50
Gambar 16.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap KTK pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	53
Gambar 17.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	57
Gambar 18.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (60 hari) .....	59
Gambar 19.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (112 hari) .....	61
Gambar 20.	Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada	



masing-masing jenis tanah (7 hari).....	65
Gambar 21. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	67
Gambar 22. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	69
Gambar 23. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	72
Gambar 24. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	73
Gambar 25. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	74
Gambar 26. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	76
Gambar 27. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	78
Gambar 28. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	80
Gambar 29. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	82
Gambar 30. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (7 hari) .....	84
Gambar 31. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	86
Gambar 32. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	88
Gambar 33. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (7 hari).....	90
Gambar 34. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (60 hari).....	92
Gambar 35. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (112 hari).....	94

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Instrumen File pdf Artikel yang telah dipublikasi (2017).....	104
Lampiran 2. Biodata Ketua dan Anggota Tim Pengusul .....	116
Lampiran 3. Tabel Isian Luaran .....	131
Lampiran 4. Artikel Ilmiah (2018) .....	134
Lampiran 5. Paten Sederhana.....	146
Lampiran 6. Proposal Paten .....	154
Lampiran 7. Sertifikat Pemakalah pada Seminar Internasional dan Nasional .....	171
Lampiran 8. Artikel Ilmiah pada Seminar Internasional dan Nasional .....	172

## RINGKASAN

Lahan kering di Kabupaten Malang berpotensi dikembangkan untuk pertanian. Dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanah di lahan kering sehingga masa tanam diperpanjang/indeks pertanaman ditingkatkan dan ketahanan pangan terwujud. Hal ini didekati dengan beberapa percobaan yang akan dilakukan dalam waktu 4 tahun. Percobaan tahun pertama lebih menekankan bagaimana pengaruh langsung dari karakteristik biochar-pupuk organik terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sebelum ada interaksi dengan tanaman pada beberapa jenis tanah (liat dan pasir berlempung). Biochar-pupuk organik berpengaruh terhadap perubahan sifat tanah maupun ketersediaan hara. Penelitian ini bertujuan untuk (1). Mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada beberapa jenis tanah dari agroekosistem lahan kering, dan (2). Mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap perubahan sifat kimia tanah. Penelitian ini bermanfaat untuk manajemen kesuburan tanah dan tanaman yang efektif dan berlanjut dengan penerapan biochar-pupuk organik pada beberapa jenis tanah dari agroekosistem lahan kering.

Pada tahun I telah dilakukan percobaan dalam pot plastik di rumah kaca, di Dusun Bawang, Desa Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Penelitian ini menggunakan 3 sampel tanah yang berasal dari 3 kecamatan di Kabupaten Malang Selatan dari agroekosistem lahan kering yang secara alami memiliki produktivitas tanah rendah. Jenis tanah yang diambil mewakili proses pembentukan dan perkembangan tanah. Jenis tanah dari Kec. Poncokusumo adalah Regosol (baru berkembang), dari Kec. Donomulyo adalah Litosol (berkembang tidak sempurna), dan dari Kec. Kalipare adalah (sedang berkembang). Pembentukan dan perkembangan tanah mempengaruhi karakteristik jenis tanah. Biochar dari 3 jenis biomasa (sekam padi, tongkol jagung, jengkok tembakau). Pupuk organik berupa kompos dan pupuk kandang ayam. Hasil karakterisasi pada tahun I menunjukkan bahwa jenis tanah maupun biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah (Entisol, Alfisol, Litosol) berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan kimia tanah pada berbagai umur pengamatan serta tidak signifikan terhadap sifat biologi tanah pada 45 dan 90 hari. Penggunaan biochar-pupuk organik secara tunggal maupun campuran menunjukkan perubahan sifat fisik dan kimia yang berbeda pada masing-masing jenis tanah. Perbaikan sifat fisik tanah liat lebih baik menggunakan kombinasi jenis biochar dengan pupuk organik.

Penelitian tahun II merupakan percobaan yang menggunakan tanaman sebagai indikator untuk melihat respon terhadap aplikasi biochar-pupuk organik pada beberapa jenis tanah dari agroekosistem lahan kering. Percobaan dilakukan dalam polibag yang diletakkan di lapangan dengan menggunakan tiga jenis tanah yang berbeda, diambil dari wilayah lahan kering di 3 Kecamatan di Kabupaten Malang. Percobaan menggunakan 3 jenis biochar yang dibuat dari bahan sekam padi, tongkol jagung, limbah industri tembakau serta pupuk organik berupa kompos dan pupuk kandang kotoran ayam. Rancangan percobaan dan perlakuan yang diberikan sebagaimana pada percobaan tahun pertama.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis biochar dan pupuk organik yang digunakan pada Alfisol dan Litosol menunjukkan hasil jagung yang berbeda. Hasil jagung lebih tinggi dengan biochar tongkol kombinasi pupuk kandang yang tidak berbeda dengan hanya menggunakan pupuk kandang pada Alfisol. Penggunaan biochar sekam kombinasi pupuk kandang menunjukkan hasil jagung terbaik pada Litosol. Jenis biochar dan pupuk organik yang diterapkan pada Alfisol dan Litosol memberikan pengaruh yang berbeda pada pertumbuhan dan hasil tanaman. Penggunaan jenis biochar dan pupuk organik secara tunggal maupun kombinasi pada Entisol menunjukkan hasil jagung yang sama. Penggunaan biochar tongkol dan pupuk kandang secara kombinasi lebih baik dibanding tunggal pada Alfisol. Pupuk kandang dan jenis biochar yang diterapkan secara tunggal maupun kombinasi lebih

baik pada Litosol. Hasil biji terbaik diperoleh dari kadar N,P,K seimbang setelah pupuk kandang diterapkan bersama biochar dari jenis yang berbeda pada Alfisol dan Litosol. Jenis tanah menentukan kemampuan biochar sebagai penyedia Ca dan Mg (Litosol) maupun menyimpan kation basa (Alfisol dan Entisol). Perubahan sifat-sifat tanah dalam menanggapi perubahan biochar dan pupuk organik bervariasi dengan jenis tanah meskipun memiliki tekstur yang sama. Namun jenis biochar dan pupuk organik menunjukkan hasil jagung yang tidak berbeda pada Entisol. Penggunaan biochar jengkok-pupuk kandang secara bersama lebih baik daripada secara tunggal pada Alfisol, seperti pH tanah, bahan organik tanah, jumlah basa, kapasitas tukar kation, dan kadar N total. Aplikasi secara kombinasi lebih menguntungkan daripada secara tunggal untuk kadar P tersedia (7 dan 112 hst) pada tanah Alfisol dan Litosol dan khususnya kadar N total tanah pada 7 hst.

**Kata kunci:** produksi, biomasa, tanah, keberlanjutan

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kabupaten Malang memiliki wilayah seluas 324.423 ha dan terletak pada urutan luas terbesar kedua setelah Kabupaten Banyuwangi dari 38 kabupaten/kota di wilayah Propinsi Jawa Timur. Berdasarkan data dari Kementrian Pertanian tahun 2013, luas lahan suboptimal di Indonesia yang sesuai untuk lahan pertanian mencapai 91,9 juta ha. Lahan terluas adalah lahan kering masam seluas 62,6 juta ha (68,1%), lahan pasang surut seluas 9,3 juta ha (10,1%), lahan kering iklim kering seluas 7,8 juta ha (8,2%), lahan gambut seluas 4,7 juta ha (5,1%). Di Jawa Timur, luas lahan ladang/huma dan tegal/kebun pada tahun 2012 mencapai 1.167.572 ha, khusus di Kab. Malang mencapai 104.512 ha (9%).

Lahan kering sangat potensial dikembangkan mengingat luasan lahan subur terbatas, ketersediaan dan penggunaan lahan pertanian berkurang, dan ketidakmungkinan perluasan areal baru untuk lahan pertanian. Satari (1977) menyatakan lahan kering adalah lahan yang dalam keadaan alamiahnya sepanjang tahun tidak jenuh air dan tidak tergenang serta kelembaban tanah sepanjang tahun berada di bawah kapasitas lapang.

Pada umumnya luas wilayah di Kabupaten Malang sebagian besar adalah bertekstur sedang 248.142,51 Ha atau 74,12 % dari luas wilayah. Tanah dengan tekstur halus mempunyai luas wilayah sebesar 82.944,49 Ha atau 24,79 % sedangkan tanah dengan tekstur kasar mempunyai luas sebesar 3.650,00 Ha atau 1,09 % dari seluruh luas wilayah Kabupaten Malang. Jenis tanah yang ada di Kabupaten Malang terdiri dari jenis tanah andosol, latosol, mediteran, litosol, alluvial, regosol dan brown forest. Penyebaran jenis tanah ini tidak seluruhnya tersebar di kecamatan-kecamatan yang ada di Kabupaten Malang.

Proses pembentukan dan perkembangan tanah dipengaruhi bahan induk, topografi, iklim, organisme, dan waktu (Hanafiah, 2005). Kelima faktor pembentuk tanah akan menghasilkan berbagai jenis tanah yang memiliki sifat dan ciri yang berbeda sehingga menjadi bagian penting dalam upaya mengelola tanah. Kendala internal lahan kering berkaitan dengan bahan induk tanah yang mempengaruhi tingkat kesuburan tanah dan faktor eksternal seperti iklim yang menyebabkan produktivitas rendah. Informasi dari Dinas Pertanian Tanaman Pangan Jatim (2013), bahwa produksi jagung seluas 218 ha sebesar 936,65 ton (4.3 ton/ha) dan produktivitas 42,97 (kw/ha).

Masalah yang seringkali muncul pada lahan kering adalah kapasitas menahan air dan ketersediaan air yang rendah sehingga menyebabkan cekaman kekeringan, peka terhadap erosi, mempunyai topsoil yang tipis, bahan organik rendah sehingga menyebabkan kapasitas

adsorpsi dan kapasitas tukar kation rendah dan unsur hara mudah tercuci, miskin unsur hara N, P, K, Ca, Mg sehingga memerlukan pemupukan anorganik dengan dosis tinggi.

Beberapa upaya telah dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering, diantaranya penataan lahan, pengelolaan air, pengelolaan tanaman, menggunakan bentuk-bentuk pola tanam, sistem pertanian konservasi tanah, pengelolaan bahan pembenah tanah, pengelolaan pemupukan anorganik, dan pengendalian gulma. Beberapa hasil penelitian tentang penggunaan bahan pembenah tanah untuk merehabilitasi lahan kering terdegradasi telah dilakukan, seperti zeolit (Sutono dan Agus, 1998), pupuk kandang (Abdurahman *et al.*, 2000), biomassa flemingia dan sisa tanaman (Nurida, 2006), dan biomassa tumbuhan dominan di lahan kering (Djoko, 2006). Beberapa penelitian yang menggunakan biochar sebagai bahan pembenah tanah, diantaranya pada lahan kering masam terdegradasi Taman Bogo Lampung (Nurida *et al.*, 2012), pada tanah sulfat masam di Kalimantan (Masulili *et al.*, 2010), lahan kering beriklim kering (Dairiah *et al.*, 2012), tanah lempung berpasir di Lombok Utara (Sukartomo *et al.*, 2011 dan Suwardji *et al.*, 2012), dan lahan kering dari wilayah berkapur Malang Selatan (Tambunan *et al.*, 2014), dan tanah yang sedang terdegradasi (Widowati *et al.*, 2014).

Hasil-hasil penelitian tentang penggunaan biochar telah membuktikan bahwa biochar merupakan bahan amandemen tanah yang sangat prospektif (Wolf, 2008). Di samping dapat memperbaiki sifat tanah, penggunaan biochar pada tanah tropika dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah dalam jangka panjang (Glaser *et al.*, 2002; Rondon *et al.*, 2007; Steiner *et al.*, 2008), meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Glaser *et al.*, 2002; Chan *et al.*, 2007), memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah dan menurunkan kekuatan tanah (Chan *et al.* (2007), memegang air pada tanah bertekstur pasir (Sutono *et al.*, 2012). Steiner *et al.* (2008) dan Widowati *et al.* (2012) melaporkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N, pemupukan NPK pada tanah typic Dystrudepts (Sudjana, 2014), meningkatkan retensi air dan kapasitas menyimpan air tanah (Santi dan Goenadi, 2012). Penggunaan biochar dapat meningkatkan retensi air dan hara sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik di lahan kering beriklim kering di NTT. Biochar ranting pohon legum dosis 10 t ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan pori aerasi dari 16,7% vol menjadi 23,23% - 28,23% vol, pori air tersedia tanah (sangat rendah) dari 2,73% menjadi 4,62% (sangat rendah) dan 5,45% vol (rendah) (Nurida *et al.*, 2009). Khususnya wilayah lahan kering berkapur Malang Selatan, Tambunan *et al.* (2014) menyebutkan biochar serasah jagung 20

t/ha ditambah serasah jagung 40 t/ha dapat meningkatkan P tersedia (242,95%) dan KTK (10,40%) tetapi aplikasi biochar serasah jagung 20 t/ha dapat menurunkan pH (14,47%) dan Ca (27,19%) pada tanaman jagung.

Sampai saat ini pemanfaatan lahan kering belum optimal terutama untuk lahan yang telah diusahakan apalagi untuk lahan yang belum dimanfaatkan. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan kering dengan menggunakan bahan organik. Bahan organik sebagai bahan pembenah tanah maupun sumber unsur hara memiliki sifat dan ciri yang berbeda, termasuk sifat stabil (biochar) dan labil (pupuk organik). Biochar adalah produk dari dekomposisi termal biomassa yang dihasilkan oleh sebuah proses yang disebut pirolisis. Menurut Srinivasarao *et al.* (2013), konversi biomassa sisa tanaman menjadi biochar dan menggunakan char sebagai amandemen tanah adalah pendekatan baru dan disarankan sebagai alternatif untuk kompos dan pembakaran sisa tanaman. Gugus-gugus fungsional bahan organik mampu mengikat air karena agregasi tanah yang lebih baik dalam membentuk pori-pori. Asai *et al.*, (2009) melaporkan biochar memiliki porositas total yang tinggi dan dapat menyimpan air di pori-pori dan dengan demikian mempertahankan keseimbangan air sehingga ketersediaan nutrisi lebih baik. Peningkatan porositas mengakibatkan tiga kali lipat peningkatan luas permukaan yang menyebabkan peningkatan kapasitas memegang air bahan biochar (Ammu *et al.*, 2015). Porositas tinggi juga mengakibatkan KTK tinggi dari bahan biochar. Kenaikan luas permukaan memberikan adsorpsi yang lebih besar dan ruang untuk retensi air dan nutrisi (Lehmann *et al.*, 2003).

Perubahan dalam tanah setelah aplikasi biochar mencerminkan sifat dari biochar yang diterapkan. Penelitian karakterisasi dari jenis biochar terbatas jumlahnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian variasi dalam karakteristik jenis biochar termasuk dampak dari karakteristik biochar-pupuk organik pada karakteristik tanah. Kombinasi bahan organik yang berbeda sifat akan bermanfaat untuk mengembangkan produk yang sesuai dengan jenis tanah sehingga dapat meningkatkan reaksi lebih lanjut terhadap nilai hara.

## **1.2. Tujuan Khusus**

1. Mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada beberapa jenis tanah dari agroekosistem lahan kering.
2. Mengevaluasi pengaruh jenis biochar-pupuk organik terhadap perubahan sifat kimia tanah dari agroekosistem lahan kering.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Lahan Kering**

Lahan kering menempati urutan terbesar pertama setelah lahan basah di Kabupaten Malang bagian Selatan. Beberapa lahan berasal dari bahan induk yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna, bahkan ada lahan yang tidak digunakan untuk pertanian karena hampir semua jenis tanaman tidak bisa tumbuh dengan baik, ada pula yang ditanami sayuran yang pertumbuhannya kurang baik. Menurut Dinas Pertanian dan Perkebunan, sebagian besar wilayah Kabupaten Malang merupakan lahan pertanian, yaitu sekitar 15,44% (49.52 ha) merupakan lahan sawah; 31,11% (99.76 ha) adalah tegal/ladang/kebun; 6,11% (19.58 ha) adalah areal perkebunan; dan 2,56% (6.40 ha) adalah hutan. Lahan kering sangat potensial dikembangkan dan perlu dioptimalkan karena terbatasnya lahan pertanian subur dan sebagian besar adalah lahan sub optimal. Lahan suboptimal yang paling luas ialah lahan kering yaitu 122,1 juta ha yang terdiri atas lahan kering masam 108,8 juta ha dan lahan kering iklim kering 13,3 juta ha (Mulyani dan Sarwani, 2013).

Beberapa masalah yang mempengaruhi kesuburan tanah di lahan kering adalah kemasaman tanah, ketersediaan air dan unsur hara rendah, kondisi fisik tanah yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman, dan ketidakseimbangan diantara air dan udara. Ketidakseimbangan akan menjadi faktor pembatas yang dapat mengganggu keadaan optimumnya sehingga kurang menunjang produktivitas tanaman. Kemampuan tanah untuk menahan air dan unsur hara menjadi keutamaan dalam meningkatkan hasil tanaman. Menurut Haryono (2013), optimalisasi lahan sub optimal meliputi produktivitas, efisiensi produksi, kelestarian sumberdaya dan lingkungan serta kesejahteraan petani melalui intensifikasi dan ekstensifikasi lahan sub optimal yang terdegradasi atau terlantar.

Pengelolaan lahan kering dengan bahan organik yang bersifat labil telah sering dilakukan, namun penggunaan biochar yang bersifat stabil telah populer dalam dekade terakhir. Karena struktur aromatiknya, karbon biochar lebih stabil daripada karbon dalam biomassa asli sehingga dapat menurunkan laju dekomposisi bahan organik. Penggunaan mulsa, kompos, pupuk kandang dapat meningkatkan kesuburan tanah, meski begitu dalam kondisi tropis, dimineralisasi sangat cepat (Tiessen *et al.*, 1994). Steiner *et al.*, (2007) mengemukakan bahan organik tanah (BOT) penting untuk kesuburan tanah karena mengandung 95% dari total nitrogen dan sulfur bersama dengan 20-75% dari fosfor dalam tanah, sumber penting dari energi dan nutrisi untuk mikroorganisme dan tanaman. BOT adalah jantung dari tanah sehingga keberadaannya tidak dapat diabaikan karena memperbaiki



sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Biochar adalah produk yang kaya karbon yang diperoleh dengan memanaskan biomassa dalam sistem tertutup di bawah pasokan oksigen yang terbatas dimaksudkan sebagai bahan amandemen tanah untuk menyerap karbon dan meningkatkan kualitas tanah. Konversi biomassa menjadi biochar dan menggunakan biochar sebagai amandemen tanah sebagai alternatif selain kompos (Srinivasarao *et al.*, 2013). Pengaruh agronomi dengan penambahan biochar telah ditemukan di berbagai lintang dengan kesuburan tanah yang rendah (Biederman dan Harpole, 2013; Liu *et al.*, 2013). Aplikasi biochar juga meningkatkan penyimpanan air tanah (Reverchon *et al.*, 2015 ; Wang *et al.*, 2016). Hal ini disebabkan oleh peningkatan kapasitas air kapiler tanah setelah aplikasi biochar sehingga menyebabkan peningkatan produktivitas budidaya tanaman, peningkatan aktivitas mikroba dalam tanah, dan tingkat yang lebih tinggi dari ketersediaan nutrisi, terutama P dan K (Biedermann dan Harpole, 2013). Kapasitas memegang air tanah (WHC) dan air yang tersedia (PAW) meningkat di tanah liat dan tanah lempung berpasir (Bruun *et al.*, 2014; Dugan *et al.*, 2010; Martinsen *et al.*, 2014). WHC meningkat sebesar 11% pada biochar (9 t ha<sup>-1</sup>) di tanah lempung berdebu, Finlandia Selatan (Karhu *et al.*, 2011). Peningkatan PAW karena dengan penambahan biochar memperbaiki struktur berpori (baik pori mikro dan meso) dan agregasi tanah (Obia *et al.*, 2016). Sifat kimia tanah juga diperbaiki seperti meningkatkan pH tanah (rasio Ca/Al yang lebih tinggi dan ketersediaan PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> dan kejenuhan basa meningkat) (Martinsen *et al.*, 2015); meningkatkan kapasitas retensi hara dan KTK tanah (Chan *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2006) dan dengan demikian mengurangi pencucian hara (Hale *et al.*, 2013; Martinsen *et al.*, 2014).

Setiap jenis tanah memiliki sifat dan ciri yang berbeda seperti luas permukaan partikel tanah yang sangat mempengaruhi kapasitas memegang air dan unsur hara. Setiap jenis biochar memiliki sifat-sifat yang berbeda berdasarkan kondisi produksi dan bahan baku yang digunakan. Naeem *et al.*, (2014) melaporkan variasi suhu pirolitik dan bahan baku akan mempengaruhi hasil dan komposisi hara biochar. Hampir setiap bahan organik dapat dikonversi menjadi biochar, namun karakter masing-masing bahan organik akan memiliki pengaruh pada sifat fisik, kimia, dan biologi tanah setelah dimasukkan ke dalam tanah. Kebutuhan jenis biochar dan pupuk organik yang sesuai merupakan upaya optimalisasi lahan kering untuk meningkatkan produktivitas tanaman di suatu jenis tanah. Hipotesis penelitian bahwa setiap jenis tanah merespon secara berbeda terhadap berbagai jenis biochar dan pupuk organik di lahan kering. Kabupaten Malang terluas ketiga di Pulau Jawa setelah Kabupaten Banyuwangi dan Kabupaten Sukabumi di Provinsi Jawa Barat. Menurut Dinas Pertanian dan

Perkebunan, sebagian besar wilayah Kabupaten Malang merupakan lahan pertanian, yaitu sekitar 15,44% (49.52 ha) merupakan lahan sawah; 31,11% (99.76 ha) adalah tegal/ladang/kebun; 6,11% (19.58 ha) adalah areal perkebunan; dan 2,56% (6.40 ha) adalah hutan. Kondisi lahan kering di Kabupaten Malang bagian Selatan terdiri atas beberapa jenis tanah, diantaranya Litosol, Regosol, dan Mediteran yang secara alamiah mempunyai produktivitas yang rendah. Tanah tersusun dari mineral dan bahan organik yang berperan penting dalam menyediakan air dan unsur hara bagi keberlangsungan pertumbuhan tanaman. Bahan induk tanah akan mempengaruhi bahan organik dan atau mineral tanah. Litosol tergolong tanah muda yang berasal dari batuan beku atau sedimen yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna dan belum mengalami perkembangan lebih lanjut sehingga hanya memiliki lapisan horizon yang dangkal. Litosol bukan merupakan tanah yang subur sehingga tidak banyak tanaman yang bisa ditanam. Entisol masih sangat muda dan baru tingkat permulaan dalam perkembangan, berasal dari bahan induk material vulkanik dan memiliki butir kasar. Umur tanah yang masih muda menjadikan miskin bahan organik sehingga tanah tidak dapat menyimpan air dan mineral yang dibutuhkan tanaman dan kurang menguntungkan bagi sebagian tumbuhan. Alfisol merupakan tanah hasil pelapukan batuan kapur keras dan batuan sedimen, mampu menyediakan dan menampung air yang banyak, bersifat asam, dan bahan induknya terdiri atas kapur sehingga permeabilitasnya lambat. Tanah ini berwarna kecoklatan, keras dan tidak subur.

Lahan kering banyak menghadapi kendala, diantaranya adalah ketersediaan air, kemasaman tanah dan rendahnya kandungan bahan organik tanah. Hal ini menjadi penyebab kemampuan tanah dalam menyimpan air dan ketersediaan unsur hara menjadi rendah, ketidakseimbangan ruang pori tanah dalam mengisi air dan oksigen, dan bahkan tanah menjadi keras pada saat kering dan lunak pada saat basah. Akibat lebih lanjut adalah ketidakmampuan tanaman untuk tumbuh secara normal dan akan mengganggu hasil tanaman. Pengelolaan haradengan bahan organik merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan lahan kering. Bahan organik tanah merupakan faktor penting yang menentukan kesuburan dan produktivitas tanah. Hasil-hasil penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik dapat meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman. Reaktivitas biochar dan atau pupuk organik di dalam tanah dapat bervariasi dalam mempengaruhi kesuburan tanah. Penggunaan bahan organik yang bersifat mudah maupun sulit dilapuk sebagai alternatif yang memiliki keuntungan masing-masing, baik sebagai penyedia unsur hara maupun pembenah tanah. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan

kemampuan tanah menahan air, kelembaban tanah, pH tanah, penyediaan unsur hara, efisiensi pemupukan dan memperbaiki agregasi tanah. Beberapa hasil penelitian menunjukkan manfaat penggunaan, seperti aplikasi 20 t ha<sup>-1</sup> biochar serasah jagung dan 40 t ha<sup>-1</sup> serasah jagung meningkatkan 242,95% P tersedia dan 10,4% KTK tanah (Alfisol) di lahan kering Malang Selatan. Pemberian 20 t ha<sup>-1</sup> biochar serasah jagung menurunkan pH (14,47%) dan Ca (27,19%). Tinggi tanaman jagung berumur 49 HST berkisar 71,13 dan 92,90 cm (Sonia *et al.*, 2014). Peng *et al.* (2011) melaporkan bahwa biomassa jagung meningkat sebesar 64% (tanpa NPK) dan 146% (dengan NPK) setelah amandemen biochar pada tanah Ultisol. Aplikasi biochar dan atau pupuk organik dapat meningkatkan kesuburan tanah. Pengaruhnya tergantung pada kualitas biochar dan pupuk organik serta bisa lebih nyata pengaruhnya pada tanah yang telah sangat melapuk dan tidak subur. Liang *et al.* (2006); Oguntunde *et al.* (2008); Asai *et al.* (2009) melaporkan biochar dapat meningkatkan sifat kimia tanah (misal pH, KTK, kation) dan sifat fisik (seperti retensi air tanah dan konduktivitas hidrolik).

Lahan kering di Kabupaten Malang sangat potensial dikembangkan untuk pertanian. Wilayah Kecamatan Poncokusumo, Donomulyo, dan Kalipare memiliki sifat dan ciri tanah yang berbeda. Secara geografis, Desa Purwodadi (Kecamatan Donomulyo) terletak di dataran tinggi dengan jenis Litosol. Tanah mineral tanpa atau sedikit perkembangan profil, belum mengalami perkembangan lebih lanjut sehingga hanya memiliki lapisan horizon yang dangkal (kedalaman tanah <30 cm), tergolong tanah muda yang miskin unsur hara, bukan termasuk tanah yang subur dan tidak dimanfaatkan secara intensif seperti jenis tanah lainnya. Lahan mengalami kesulitan air di musim kemarau sehingga dibiarkan kosong untuk ditumbuhi rerumputan. Wilayah Kalipare (tanah Mediteran) terletak di lereng gunung Kendeng dengan areal pertanian yang tidak mampu dijangkau oleh pengairan sistem irigasi sehingga mengakibatkan pertanian lahan kering/ tadah hujan, tanahnya dengan komposisi liat tinggi dan sangat keras sehingga tidak ada tanaman yang bisa tumbuh. Jenis tanah Entisol (Kecamatan Poncokusumo) termasuk tanah muda yang tanpa perkembangan profil. Entisol didominasi fraksi pasir dan pori total yang cukup besar sehingga kemampuan tanah memegang air sangat rendah. Fraksi pasir yang tinggi mencirikan tanah miskin bahan organik sehingga Kapasitas Tukar Kation sangat rendah yang menyebabkan pencucian unsur hara tinggi.

Setiap jenis tanah yang memiliki karakteristik sifat yang berbeda tentu akan berbeda dalam menanggapi suatu masukan bahan organik. Bahan baku dan kondisi produksi biochar

dapat mempengaruhi kualitas biochar maupun dampaknya pada perubahan sifat-sifat tanah. Demikian pula jenis pupuk organik yang digunakan dapat mempengaruhi kualitas pupuk itu sendiri maupun pengaruhnya ketika diaplikasikan di dalam tanah yang memiliki sifat dan ciri yang berbeda.

Lahan kering menghadapi kendala internal di dalam tanah maupun lingkungan eksternal. Kendala internal berhubungan dengan bahan induk tanah sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan dan perkembangan tanah, yang lebih lanjut akan mempengaruhi tingkat kesuburan tanah. Faktor eksternal seperti iklim yang menyebabkan produktivitas tanaman rendah karena keterbatasan air. Sistem pengelolaan lahan dengan masukan bahan organik dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk berproduksi. Dalam jangka panjang diperlukan pengelolaan tanah di wilayah lahan kering khususnya di Kabupaten Malang supaya produktivitas tanah meningkat dan mengurangi keterbatasan lahan produktif.

Pengelolaan lahan kering dengan menggunakan bahan organik yang bersifat labil seperti pupuk organik berfungsi sebagai bahan sementasi yang meningkatkan agregasi tanah, sumber hara, dan menyediakan zat pengatur tumbuh tanaman yang memberikan keuntungan bagi pertumbuhan tanaman seperti vitamin, asam amino, auksin dan giberelin. Namun hingga kini dampak penggunaan pupuk organik secara berlanjut belum nampak. Karena bahan organik yang bersifat labil merupakan bahan organik yang mudah mengalami dekomposisi pada kondisi tropis. Tidak demikian dengan bahan organik yang bersifat stabil seperti biochar. Biochar adalah teknologi kuno yang muncul kembali dan dipandang sesuai untuk solusi pada kondisi perubahan iklim. Biochar dihasilkan dari berbagai limbah organik/ biomassa dengan bahan baku yang tersedia melimpah, mengandung karbon yang tinggi dan bersifat stabil di dalam tanah. Biochar memiliki dampak pada ketersediaan hara dalam tanah baik sebagai unsur hara dan retensi hara. Abu di biochar berisi hara tanaman, sebagian besar basis seperti Ca, Mg dan K tetapi juga P dan mikronutrien termasuk seng, mangan.

Pemberian biochar cukup satu kali aplikasi namun dapat memberi efek susulan dalam jangka panjang sehingga dapat mewujudkan pertanian berlanjut. Hasil penelitian Widowati (2012-2013) pada tanah Inceptisol menunjukkan bahwa aplikasi biochar yang hanya 1 kali dapat mempertahankan hasil jagung selama tiga musim tanam meskipun tanpa penambahan pupuk SP<sub>36</sub> dan KCl pada musim tanam kedua dan ketiga. Demikian pula hasil penelitian Widowati (2014-2015), penambahan biochar sebelum tanam pada Alfisol yang sedang mengalami degradasi telah menghasilkan jagung pipilan kering yang relatif tetap selama tiga

musim tanam. Perubahan dari biomasa (karbon labil) menjadi biochar (karbon stabil) dapat mengurangi pelepasan CO<sub>2</sub>, meningkatkan stok karbon di dalam tanah, resisten terhadap dekomposisi di dalam tanah sehingga dapat bertahan lama. Kondisi ini dapat mengawetkan karbon dan nitrogen organik sehingga aplikasi biochar dapat mengurangi kebutuhan pupuk anorganik, mengurangi biaya produksi, meningkatkan keuntungan dan efisiensi usahatani.

Penelitian ini bermanfaat untuk memberi informasi tentang pengaruh jenis biomasa sebagai bahan baku yang mempengaruhi karakteristik biochar-pupuk organik dan dampaknya di dalam tanah dan tanaman dari agroekosistem lahan kering, peningkatan kualitas bahan pembenah tanah dengan menggunakan karbon stabil dan labil untuk memaksimalkan dampaknya dalam mengelola lahan kering iklim kering.

## **2.2. Karakteristik biochar**

Biochar merupakan substansi arang kayu yang berpori (*porous*), sering juga disebut *charcoal* atau agri-char. Biochar adalah produk padat pirolisis, kaya karbon, hasil konversi biomassa secara termokimia di dalam wadah tanpa oksigen atau suplai oksigen terbatas. Karakteristik biochar selain ditentukan oleh bahan bakunya, juga ditentukan oleh proses pirolisis. Suhu, tekanan parsial O<sub>2</sub>, uap, dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) mengontrol jumlah abu mineral dalam biochar (Bridgwater dan Boocock 2006). Selama degradasi termal, ion yang sangat *mobile* (K dan Cl) akan mulai menguap pada suhu yang relatif rendah (Yu et al. 2005). Kalsium (Ca) terutama terletak di dinding sel dan terikat dengan asam organik (Marschner 1995). Ion Ca dan Si dilepaskan selama degradasi pada suhu yang lebih tinggi dari K dan Cl (Bourke et al. 2007). Magnesium (Mg) baik ionik maupun kovalen terikat dengan molekul organik dan hanya menguap pada temperatur tinggi. Fosfor (P) dan sulfur (S) berhubungan dengan senyawa organik kompleks di dalam sel dan relatif stabil pada suhu rendah. Kadar nitrogen dikaitkan dengan sejumlah molekul organik yang berbeda dan dapat dilepaskan pada suhu relatif rendah (Schnitzer et al. 2007).

Tabel 1. Karakteristik biochar Jengkok Tembakau

Parameter	Satuan	Hasil
C-Organik	%	27,06
C/N ratio	-	18,66
Moisture	%	18,49
Arsenic (As)	ppm	0,27
Mercury (Hg)	ppm	0,19
Lead (Pb)	ppm	< 0,1
Cadmium (Cd)	ppm	< 0,1
pH (10% in water)	-	9,74
Nitrogen (N)	%	1,44
Total P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,62
K <sub>2</sub> O	%	3,66
Total Iron (Fe)	ppm	1680,5
Available Iron (Fe)	ppm	1,6
Manganese (Mn)	ppm	229,2
Zinc (Zn)	ppm	72,1

Jengkok tembakau yang diolah dengan proses *pyrolysis* menghasilkan biochar yang telah memenuhi syarat sebagai bahan pembenah dan atau pupuk organik tanah sesuai dengan Permentan No 70 tahun 2011. Bahkan K<sub>2</sub>O memiliki kadar 3,66 % jauh lebih tinggi daripada SNI 19-7030-2004 tentang standard kualitas kompos yang hanya 0,2 %. Kadar cemaran logam juga dibawah ambang batas maksimal Permentan dan SNI. Kandungan NPK biochar dari material jengkok tembakau juga lebih tinggi dibandingkan kayu, cangkang kelapa, dan sekam padi pada penelitian yang dilakukan oleh Widowati *et al.* (2014).

### 2.3. Pengaruh pemberian biochar terhadap kesuburan tanah

Di dalam tanah, biochar menyediakan habitat yang baik bagi mikroba tanah, tapi tidak dikonsumsi seperti bahan organik lainnya. Dalam jangka panjang, biochar tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen, bahkan mampu menahan dan menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Biochar dapat digunakan secara luas sebagai agen untuk memperbaiki tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya, remediasi dan/atau proteksi melawan polusi lingkungan dan sebagai agen mitigasi gas rumah kaca (Lehmann & Joseph, 2015). Hasil-hasil penelitian terkini, mengindikasikan bawa biochar memiliki porositas yang tinggi (Downie *et al.*, 2009), luas dan muatan permukaan yang tinggi sehingga dapat memperbaiki struktur tanah, bobot volume tanah, meningkatkan kapasitas tanah menyimpan air dan hara (Baronti *et al.*, 2014) dapat menambah unsur hara (Biederman & Harpole, 2013; Ding *et al.*, 2016), dan juga menjadi hunian yang aman dan nyaman bagi organisme tanah (Lehmann *et*

*al.*, 2011). Lebih dari itu, biochar lebih stabil bertahan di dalam tanah dibandingkan dengan bahan pembenah tanah lainnya sehingga fungsinya di dalam tanah bersifat jangka panjang (Wang *et al.*, 2016).

Respon tanaman terhadap biochar sangat bergantung kepada material dan cara pembuatan biochar (Major *et al.*, 2009). Kandungan mineral biochar juga akan bervariasi bergantung kepada material yang digunakan (Yao *et al.*, 2012). Biochar secara langsung memberikan efek pada tanaman kacang-kacangan seperti meningkatkan fiksasi N biologis (Rondon *et al.*, 2007; Mia *et al.*, 2014), meningkatkan toleransi kekeringan (pertumbuhan, efisiensi penggunaan air dan hubungan antara tanah-tanaman (emisi gas N<sub>2</sub>O tanah) (Kammann *et al.*, 2011), dan meningkatkan potensial air daun (Baronti *et al.*, 2014). Pemberian *biochar* mampu meningkatkan ketersediaan air dalam tanah. Persentase pori air tersedia tertinggi terdapat pada pemberian jenis *biochar* tempurung kelapa sebesar 21,55% vol dan diikuti oleh pemberian jenis *biochar* sekam padi serta pori air tersedia terendah terdapat pada jenis *biochar* kayu. Persentase pori air tersedia tertinggi terdapat pada pemberian dosis *biochar* 45 t ha<sup>-1</sup> dan diikuti oleh pemberian dosis *biochar* dosis 30 t ha<sup>-1</sup> dan 15 t ha<sup>-1</sup>.

Biochar diproduksi dari berbagai biomassa dan umumnya bisa digunakan untuk perbaikan tanah. Kondisi proses yang digunakan dalam studi di berbagai literatur sering menyulitkan jika ingin membandingkan hasil mengenai efek sifat bahan baku dari karakteristik biochar. Demikian pula efektivitas penggunaan biochar dapat bervariasi, dan sumber biomassa yang digunakan dapat mempengaruhi karakterisasi biochar. Hasil-hasil penelitian telah menunjukkan perbedaan karakteristik biochar dari bahan baku dan kondisi produksi, seperti yang telah dilaporkan oleh Widowati *et al.*, (2011, 2014, 2017); Peng *et al.* (2011); Ammu *et al.* (2015). Setelah penambahan biochar ke tanah akan terlihat karakteristik biochar dapat menyebabkan variasi dalam mempengaruhi proses di dalam tanah dan pertumbuhan tanaman. Variasi dalam karakteristik biochar memerlukan kajian lebih lanjut tentang dampak dari karakteristik biochar maupun pupuk organik pada sifat-sifat tanah. Windeatt *et al.* (2014) menyebutkan sifat agronomi penting dari biochar bila digunakan dalam amandemen tanah meliputi porositas, pH, kapasitas air memegang, kandungan hara dan kapasitas tukar kation. Menurut Enders *et al.* (2012), biochar memiliki kandungan yang mudah menguap yang rendah dan karbon yang tinggi bila dibandingkan dengan biomassa berbagai bahan baku. Purakayastha *et al.* (2013) menemukan bahwa kapasitas memegang air dari biochar gandum tertinggi (561%) diikuti oleh biochar jagung

(456%). KTK bervariasi dari bahan baku yang berbeda, mulai 4,5-40 cmol / kg (Uzoma *et al.*, 2011). Metode produksi tidak menyebabkan variasi yang signifikan dalam kandungan P tetapi bahan baku menghasilkan variasi P dalam biochar yang dihasilkan (Ammu *et al.*, 2015). Bahan baku biochar dan kondisi produksi dapat mempengaruhi kualitas biochar. Sifat heterogen jenis biochar menyebabkan penilaian kualitas biochar berbeda ketika diterapkan pada berbagai kondisi tanah, khususnya di lahan kering Kabupaten Malang. Oleh karena itu dipandang perlu untuk menilai sifat tanah dari aplikasi jenis biochar dan pupuk organik pada pertanaman jagung di berbagai jenis tanah di lahan kering di Kabupaten Malang Selatan.

Sebagian besar kation-kation  $\text{Ca}^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{K}^{+}$  yang ada dalam tanah ber biochar tidak terikat oleh gaya elektrostatis, tetapi hadir sebagai garam terlarut oleh karena itu mudah tersedia dan diserap oleh tanaman (Glaser *et al.*, 2002). Pada fase awal keberadaan biochar dalam tanah, oksidasi abiotik juga dijumpai lebih penting dari pada oksidasi biotik dalam pembentukan muatan permukaan negatif dan KTK (Cheng *et al.*, 2006). Meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus Karboksilat hasil oksidasi abiotik yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar (Cheng *et al.*, 2006). Hal inilah yang selalu dijadikan alasan penguat meningkatnya KTK setelah aplikasi biochar dalam tanah. Menurut Sohi *et al.* (2009), KTK tanah merupakan suatu ukuran seberapa baik hara diikat oleh tanah sehingga dapat menahan hara akibat proses *leaching* ke bagian bawah tanah maupun kehilangan permukaan tanah.

Biochar merupakan karbon aktif yang mengandung mineral seperti kalsium (Ca) atau magnesium (Mg) dan karbon anorganik. Dengan kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat di dalamnya, biochar banyak digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan kualitas tanah, khususnya tanah marginal atau lahan kering (Rondon *et al.*, 2007; Hunt *et al.*, 2010). Bio-char dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memasok sejumlah nutrisi yang berguna serta meningkatkan sifat fisik dan biologi tanah (Glasser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003; Steiner, 2007).

Biochar mampu memperbaiki tanah melalui kemampuannya meningkatkan pH, meretensi air, meretensi hara, dan meningkatkan aktivitas biota dalam tanah serta mengurangi pencemaran (Laird *et al.* 2008). Namun, biochar tidak mampu menyediakan unsur hara secara langsung, tetapi secara tidak langsung biochar mampu mengurangi hilangnya hara melalui pelindian, sehingga efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan.

Biochar merupakan bahan alternatif untuk perbaikan kesuburan tanah sekaligus untuk perbaikan lingkungan yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Biochar dapat



memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Kehilangan N melalui pemupukan dapat dikurangi dengan penambahan biochar (Steiner 2007). Kualitas dari biochar sangat ditentukan oleh karakteristik bahan baku dan proses pirolisis (Amonette dan Joseph 2009). Bahan dasar yang digunakan akan mempengaruhi sifat-sifat biochar itu sendiri dan mempunyai efek yang berbeda-beda terhadap produktivitas tanah dan tanaman (Gani 2009).

Abu merupakan bahan yang tersisa apabila biomassa dipanaskan hingga beratnya konstan. Salah satu unsur utama yang terkandung dalam abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Kadar abu berhubungan positif dengan kandungan lignin bahan. Kadar SiO<sub>2</sub> berhubungan positif dengan kandungan lignin dan membentuk hubungan kuadratik sesuai dengan persamaan  $Y = 0,030x^2 - 1355x + 54,76$  ( $R^2=0,763$ ) Komposisi fraksi abu biochar sebagian besar tergantung pada kandungan mineral dalam bahan baku karena sebagian besar unsur-unsur anorganik tidak menguap pada suhu pirolisis. Bahan baku dan proses pirolisis menentukan jumlah dan distribusi bahan mineral pada biochar (Amonette dan Joseph 2009). Bahan yang berasal dari kayu umumnya memiliki kadar abu rendah (<1% berat), sedangkan rumput, jerami, dan biji-bijian (sekam) memiliki kandungan silika yang tinggi mencapai 24% (Raveendran et al. 1995). Sebagian besar kandungan mineral dalam bahan baku tersebut masih ada dalam biochar dan sebagian lagi hilang (C, H, dan O) selama pirolisis. Biochar dari pupuk organik dan limbah biasanya memiliki kandungan abu yang sangat tinggi. Biochar pukan (pupuk kandang) ayam dapat memiliki kandungan 45% abu dari bahan baku (Koutcheiko et al. 2007), sedangkan biochar tulang dapat mengandung mineral mencapai 84% dari bahan baku (Purevsuren et al. 2004).

### **III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1. TUJUAN**

1. Mengevaluasi pengaruh pemberian biochar-pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada berbagai jenis tanah.
2. Mengkaji perubahan unsur hara dan sifat-sifat tanah dari berbagai jenis biochar-pupuk organik dan jenis tanah dari agroekosistem lahan kering.

#### **3.2. MANFAAT PENELITIAN**

1. Memberikan informasi tentang karakteristik biochar yang dihasilkan dari tongkol jagung, sekam padi, dan limbah industri tembakau (jengkok).
2. Membantu untuk manajemen tanah yang lebih efektif dari sifat-sifat tanah yang berbeda sehingga mendapatkan manfaat yang maksimal dari penerapan biochar dan pupuk organik.
3. Memberikan informasi tentang perubahan bahan organik tanah setelah aplikasi biochar pada beberapa jenis tanah.
4. Memberi informasi tentang kontribusi unsur hara dari jenis biochar-pupuk organik pada beberapa jenis tanah.
5. Memberi informasi tentang penggunaan jenis biochar-pupuk organik untuk meningkatkan sifat-sifat tanah dari beberapa jenis tanah dari agroekosistem lahan kering.
6. Memberikan kontribusi dalam meningkatkan produktivitas lahan kering pada beberapa jenis tanah.

## IV. METODE PENELITIAN

### 4.1 Tanah penelitian dan produksi biochar

Tiga jenis tanah dari Kabupaten Malang bagian Selatan masing-masing dari tipe Litosol Ordo Entisol dari Desa Purwodadi Kecamatan Donomulyo terletak pada  $112^{\circ}23'30'' - 112^{\circ}29'64''$  BT dan  $8^{\circ}16'75'' - 8^{\circ}19'81''$  LS. Tanah Mediteran Merah Kuning Ordo Afisol dari Kecamatan Kalipare terletak  $21,95^0 - 29,61^0$  BT dan  $9,40^0 - 16,48^0$  LS. Tanah Regosol Ordo Entisol dari Kecamatan Poncokusumo, berjarak tempuh ke ibu kota kabupaten kurang lebih sejauh 24 km. Sampel tanah komposit pada kedalaman 0-30 cm dari lahan kering digunakan pada percobaan pot di Kotamadya Malang.

Tiga jenis biochar dari biomasa (sekam padi dan tongkol jagung) diproduksi pada suhu  $350-500^0\text{C}$  selama 4 jam dengan alat pirolisis *fixed bed* di Laboratorium Bioenergi Universitas Tribhuwana Tunggaladewi. Biochar dari limbah industri tembakau diproduksi pada suhu  $700^0\text{C}$  selama 15 menit di PT. Gudang Garam, Tbk dengan alat pirolisis *extrusion* Etia. Sekam padi kering dari penggilingan padi komersial, tongkol jagung kering dari PT. Bisi Internasional Kediri. Biochar tongkol jagung digiling dengan ukuran  $< 2$  mm, biochar limbah industri tembakau (jengkok) dan sekam padi langsung diterapkan pada tanah. Pupuk organik yang digunakan kompos (sampah kota) dan pupuk kandang kotoran ayam (pukan). Kompos diambil dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Desa Mulyoagung Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Pukan diambil dari peternakan PT. Java Comfeed di Kabupaten Malang

### 4.2 Rancangan percobaan

Percobaan menggunakan Rancangan Tersarang, faktor pertama adalah jenis tanah dan faktor kedua adalah biochar-pupuk organik yang tersarang pada faktor pertama. Faktor pertama meliputi tiga jenis tanah, yaitu Alfisol, Litosol, dan Entisol. Faktor kedua meliputi 12 perlakuan, yaitu: 1. Kontrol, 2. Biochar tongkol jagung (T), 3. Biochar sekam padi (S), 4. Biochar jengkok tembakau (J), 5. Kompos (K), 6. Pukan (A), 7. Biochar tongkol jagung-kompos (TK), 8. Biochar tongkol jagung-pukan (TA), 9. Biochar sekam padi-kompos (SK), 10. Biochar sekam padi-pukan (SA), 11. Biochar jengkok tembakau-kompos (JK), 12. Biochar jengkok tembakau-pukan (JA). Setiap perlakuan diulang 3 kali dan disediakan 8 tanaman sampel sehingga terdapat 864 polibag. Polybag ditempatkan secara acak pada setiap ulangan dengan jarak  $80 \times 25$  cm antar polybag. Biochar dan pupuk organik diterapkan pada dosis  $300 \text{ g pot}^{-1}$  (tunggal) dan  $150 \text{ g pot}^{-1}$  (kombinasi) pada tanah sebanyak 9 kg. Penanaman

jagung hibrida varietas Pertiwi 3 setelah biochar dan pupuk organik di inkubasi 7 hari. Pemupukan  $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  diberikan satu hari sebelum tanam, tetapi  $110 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$  dan  $135 \text{ kg N ha}^{-1}$  diberikan saat tanaman berumur 7 HST (1/3 dosis) dan 28 HST (2/3 dosis). Pengamatan tinggi tanaman, luas daun, dan berat kering daun dan total tanaman (biomasa) diamati pada akhir pertumbuhan vegetatif maksimum, yaitu 56 HST sebanyak 2 tanaman sampel. Biomasa tanaman di atas tanah diperoleh dengan menimbang sampel tanaman yang telah dikeringkan dalam oven pada temperatur  $70^\circ\text{C}$  selama  $2 \times 24$  jam. Pengamatan produksi meliputi hasil jagung pipilan kering. Panen dilakukan setelah tanaman masak fisiologi pada umur 112 HST sebanyak 3 tanaman sampel. Analisis pertumbuhan tanaman dilakukan untuk mengetahui tanggapan tanaman terhadap perubahan lingkungan tanah, terdiri dari Indeks Luas Daun (ILD) dan Luas Daun Spesifik (SLA). ILD diperoleh dari besarnya luas daun per unit luas tanah (jarak tanam). SLA mencerminkan efisiensi pembentukan luas daun per satuan karbohidrat yang tersedia. SLA diperoleh dari hasil bagi luas daun dengan berat daun ( $\text{cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ) (Data luas daun dan berat daun tidak ditampilkan). Sampel tanah awal dan karakteristik biochar dan pupuk organik dianalisa di PT Sucofindo Surabaya dan PT Gudang Garam, Tbk Gempol Pasuruan. Kadar N, P, K tanah diamati setelah inkubasi 7 HST dan dianalisa di Laboratorium Tanah Universitas Brawijaya.

Data dianalisis dengan menggunakan program software SPSS versi 13.0. Analisis ragam sesuai rancangan yang digunakan dan dilanjutkan dengan Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$  untuk melihat perbedaan diantara perlakuan.

## V. HASIL DAN LUARAN PENELITIAN

### 5.1. Karakteristik biochar, pupuk organik, dan tanah awal

Bahan baku merupakan faktor utama yang mempengaruhi karakteristik biochar. Kadar N, K, Ca, Mg, dan Na dari biochar jengkok tembakau lebih besar dari biochar tongkol jagung lebih besar dari biochar sekam padi. Total C dan KTK dari biochar tongkol lebih besar dari biochar jengkok lebih besar dari biochar sekam. Kadar N, P, dan C organik dari pupuk lebih besar dari kompos. KTK kompos lebih besar dari pupuk (Tabel 2). Setiap biochar maupun pupuk organik memiliki keunggulan masing-masing yang akan sinergis apabila digunakan bersama. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk organik secara bersama maupun tunggal menjadi kajian yang menarik untuk dipelajari khususnya yang berkaitan dengan produksi tanaman jagung. Setiap jenis bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah merupakan masukan yang dapat meningkatkan kesuburan tanah terutama dari kadar bahan organik tanah.

Setiap tanah memiliki karakteristik sifat dan ciri yang berbeda. Oleh karenanya setiap jenis tanah akan berbeda dalam menanggapi suatu masukan bahan organik. Kandungan bahan organik tanah yang tinggi merupakan sumber penyediaan N dalam tanah. Tingkat kesuburan tanah Litosol lebih baik daripada Alfisol, meskipun kedua jenis tanah bertekstur liat. Berbeda dengan Entisol bertekstur pasir berlempung (Tabel 2).

Sifat kimia tanah dari ketiga jenis tanah meningkat setelah aplikasi biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun bersama. Hasil analisis nested design terhadap nilai pH, C organik, N, P, K, Ca, Mg, Na, jumlah basa menunjukkan nilai signifikan pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Hal ini diamati pada 7 hari, 60, dan 112 hari setelah penerapan biochar-pupuk organik. Nilai signifikan  $< \alpha(=0.05)$  yang menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel pH, C organik, N, P, K, Ca, Mg, Na, jumlah basa setelah inkubasi 7 hari, saat pertumbuhan vegetative maksimum, dan panen. Demikian pula signifikan pada variabel kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation pada 112 hari (panen). Penggunaan biochar (sekam padi, tongkol jagung, jengkok tembakau) dan pupuk organik (pupuk kandang kotoran ayam dan kompos) pada jenis tanah (Litosol, Alfisol, Entisol) berpengaruh nyata terhadap perubahan sifat kimia tanah.

Peningkatan sifat kimia tanah dengan pemberian biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun bersama akan berdampak positif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung.

Tabel 2. Karakteristik biochar dan pupuk organik dan tanah awal

	Karakteristik biochar dan pupuk organik					Karakteristik jenis tanah		
	Biochar sekam padi	Biochar tongkol jagung	Biochar jengkok tembakau	Pupuk kandang kotoran ayam	Kompos	Litosol	Alfisol	Entisol
Total C (%)	29,8	45,6	40					
C organik (%)				25,02	15,58	1,36	0,72	0,48
pH H <sub>2</sub> O						6,4	5,3	5,6
pH KCl 1N						6,1	5	5,3
C/N						8	7	7
Ec (mili siemens)	2,56	4,67	16,45	12,65	1,31			
KTK cmol (+) /kg	19,53	40,12	34,62					
KTK me/100g				37,78	59,03	32,68	30,43	12,4
Abu (%) (Ash)	53,4	23,6	32,8					
N (%)	0,57	0,84	1,83	4,05	2,6	0,17	0,1	0,07
P (%)	0,14	0,46	0,44	11,62	3,87			
P (mg kg <sup>-1</sup> )						45,65	45,65	10,52
K (%)	1,71	3,96	5,15	0,29	0,04			
K (me/100g)						0,35	0,34	0,36
S, SO <sub>4</sub> (%)	0,22	0,41	0,42	0,36	0,29			
Na (%)	0,33	1,63	1,83	1,81	1,77			
Na (me/100g)						0,37	0,37	0,31
Ca (%)	0,92	2,45	3,88	1,69	1,94			
Ca (me/100g)						25,83	12,44	5,14
Mg (%)	0,03	0,28	0,36	0,35	0,44			
Mg (me/100g)						1,42	4,73	0,79
Mn (%)	0,08	0,03	0,04	0,04	0,04			
Jumlah basa (me/100g)						27,97	17,88	6,6
KB (%)						86	59	53
Pasir (%)						11	9	86
Debu (%)						24	15	3
Liat (%)						65	76	11
Tekstur						Liat	liat	Pasir berlempung

Aplikasi biochar dan pupuk organik memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada ketiga jenis tanah. Hasil analisis pada jenis tanah menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, biomasa tanaman, ILD, dan jagung pipilan kering. Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tinggi tanaman dan biomasa tetapi berpengaruh terhadap ILD, SLA, jagung pipilan kering. Hasil analisis biochar dan pupuk organik pada Entisol dan Litosol masing-masing menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada Entisol dan Litosol masing-masing biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap semua variabel yang diukur. Namun demikian pada Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh signifikan

terhadap tinggi tanaman, ILD, jagung pipilan kering (Tabel 3). Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Gambar 1 - 5.

Tabel 3. Hasil analisis nested design

Variabel pengamatan	Nilai signifikan				
	Jenis tanah	Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah	Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	Biochar dan pupuk organik pada Entisol	Biochar dan pupuk organik pada Litosol
Tinggi tanaman	(0.000) < $\alpha(=0.05)$	0.058 > $\alpha(=0.05)$	(0.000) < $\alpha(=0.05)$	(0.000) < $\alpha(=0.05)$	(0.000) < $\alpha(=0.05)$
BK biomasa	0.010 < $\alpha(=0.05)$	0.079 > $\alpha(=0.05)$	0.152 > $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$
ILD	0.028 < $\alpha(=0.05)$	0.0000 < $\alpha(=0.05)$	0.001 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$
SLA	0.610 > $\alpha(=0.05)$	0.045 < $\alpha(=0.05)$	0.111 > $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$
BK jagung pipilan kering	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$	0.000 < $\alpha(=0.05)$

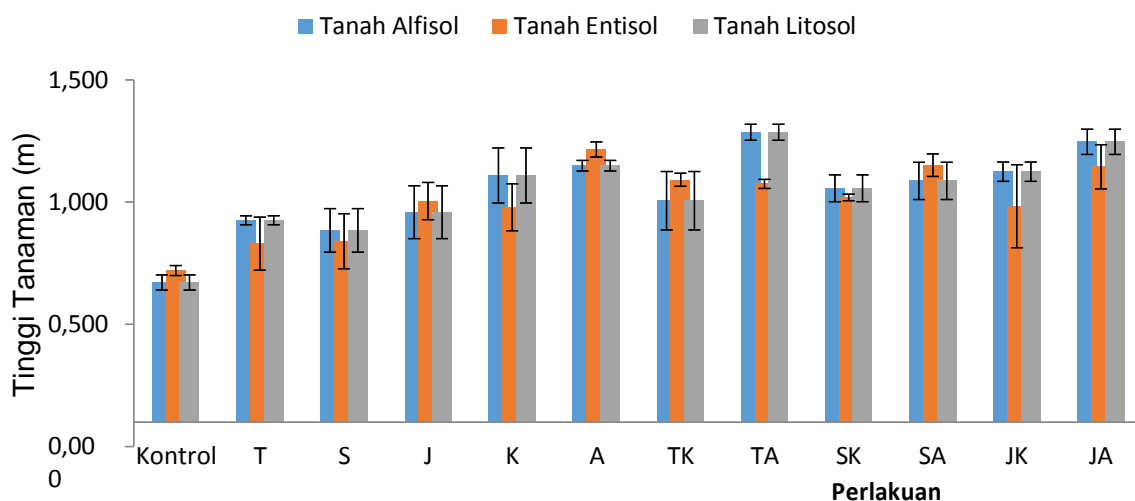
## 5.2. Pertumbuhan Tanaman

### 5.2.1. Tinggi tanaman

Pengaruh perlakuan pada tinggi tanaman disajikan pada Gambar 1. Secara umum, perlakuan biochar dan pupuk organik meningkatkan tinggi tanaman pada ketiga jenis tanah. Aplikasi biochar kombinasi pupuk organik menunjukkan tinggi tanaman yang lebih baik daripada penerapan secara tunggal. Tinggi tanaman ditingkatkan secara signifikan dengan perlakuan TA yang tidak berbeda nyata dengan JA pada Alfisol dan Litosol. Biochar dan pupuk organik berisi beberapa nutrisi tanaman penting (Tabel 2) yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian inkubasi tentang karakterisasi jenis biochar dan pupuk organik pada sifat fisik beberapa jenis tanah (Widowati *et al.*, 2017). Perbaikan sifat fisik tanah liat lebih baik menggunakan kombinasi jenis biochar dengan pupuk organik. Lebih lanjut dilaporkan bahwa kombinasi biochar tongkol dengan pukan pada Litosol meningkatkan porositas dan pori makro, masing-masing sebesar 14% dan 21-24%. Kombinasi biochar jengkok dan kompos meningkatkan porositas dan pori makro pada Alfisol, berturut-turut sebesar 21% dan 64% disamping itu juga pori mikro menurun 25,4% dari 28,3% menjadi 21,1%. Biochar jengkok dapat menurunkan pori

meso Litosol sebesar 56% dari 11,5% menjadi 5,0%. Pori meso menurun masing-masing 33% dan 49% dari 17,4% menjadi 11,7% (biochar tongkol) dan 8,7% (biochar sekam padi) pada Alfisol. Pori mikro berkurang 12% dari perlakuan kombinasi pukan dengan biochar sekam maupun dengan biochar tongkol, dan kombinasi biochar jengkok dengan kompos pada litosol. Berbeda pada tanah liat, aplikasi pukan (A) menghasilkan tinggi tanaman terbaik pada Entisol. Sebagaimana yang dilaporkan Widowati *et al.* (2017), pori makro menurun 21% hanya dengan pukan pada Entisol.

Asai *et al.* (2009) menyatakan biochar memiliki porositas total yang tinggi dan dapat menyimpan air di pori-pori, dengan demikian mempertahankan keseimbangan air sehingga ketersediaan nutrisi lebih baik. Peningkatan porositas tanah meningkatkan luas permukaan tanah sehingga air lebih baik menembus ke dalam tanah. Luas permukaan dan porositas biochar berpotensi signifikan pada kapasitas mengikat air, kapasitas adsorpsi (kemampuan partikel untuk tetap ke permukaan biochar) dan kemampuan retensi hara (Sohi *et al.*, 2010). Penambahan biochar juga secara signifikan meningkatkan kandungan air yang tersedia dalam tanah dengan meningkatkan jumlah air dipertahankan dalam tanah (kapasitas air lapangan) dan memungkinkan tanaman untuk menarik kadar air tanah dan menurunkan sebelum layu (Koide *et al.*, 2015).



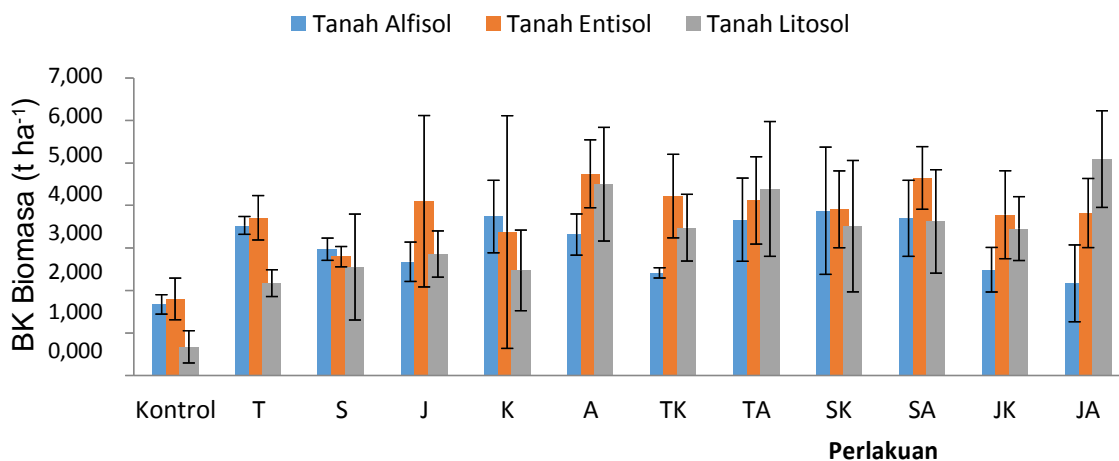
Gambar 1. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap tinggi tanaman pada Alfisol, Entisol, dan Litosol

### 5.2.2. Biomasa tanaman

Biomasa tanaman merupakan hasil bersih fotosintesis yang ditunjukkan sebagai bahan kering dari organ-organ tanaman pada suatu tanaman dalam suatu saat tertentu. Total



berat kering tanaman di atas tanah dipanen sesaat tanaman muncul bunga betina sebagai tanda bahwa tanaman memasuki fase pertumbuhan vegetatif maksimal pada tanaman jagung. Biomasa kering tanaman meningkat dengan pemberian biochar dan pupuk organik pada ketiga jenis tanah, yaitu 1,7 t ha<sup>-1</sup> menjadi 2,2 – 3,9 t ha<sup>-1</sup> (Alfisol); 1,8 t ha<sup>-1</sup> menjadi 2,8 – 4,7 t ha<sup>-1</sup> (Entisol); dan 0,7 t ha<sup>-1</sup> menjadi 2,2 – 5,1 t ha<sup>-1</sup> (Litosol). Sebagian besar penggunaan biochar dan pupuk organik menunjukkan peningkatan biomasa yang relatif sama pada Alfisol dan Entisol. Biomasa tanaman ditingkatkan secara signifikan pada perlakuan JA (Litosol) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan A (Entisol). Penerapan biochar jengkok kombinasi pukan menunjukkan biomasa tertinggi dibandingkan aplikasi secara tunggal pada Litosol, yaitu 5,1 t ha<sup>-1</sup> (JA); 2,9 t ha<sup>-1</sup> (J); dan 4,5 t ha<sup>-1</sup> (A). Produksi biomasa tanaman rendah ketika hanya menerapkan biochar jengkok tetapi meningkat 76% ketika dikombinasi dengan pukan. Pupuk kandang telah memberi kontribusi hara (khususnya N dan P) yang diperlukan untuk peningkatan produksi biomassa pada Litosol. Biochar jengkok memiliki kadar N, K, dan Ca yang lebih tinggi dari biochar lainnya (Tabel 2). Produksi biomasa meningkat dari penerapan pukan yang dikombinasi biochar jengkok. Hal ini menjelaskan bahwa kombinasi biochar jengkok dan pukan saling sinergi untuk meningkatkan produksi biomasa tanaman jagung di Litosol. Efek positif penggunaan bersama biochar jengkok dan pukan menyebabkan produksi biomasa lebih besar daripada penggunaan secara tunggal pada Litosol. Ardakani *et al.* (2017) melaporkan juga bahwa biochar memiliki efek sinergis bila diterapkan dalam kombinasi dengan pupuk mineral atau berbagai jenis kompos. Pengaruh perlakuan terhadap biomasa tanaman pada Litosol berbeda pada Alfisol maupun Entisol. Produksi biomasa relatif sama dari penerapan ketiga jenis biochar yang diberikan secara tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik pada Entisol dan Alfisol (Gambar 2).



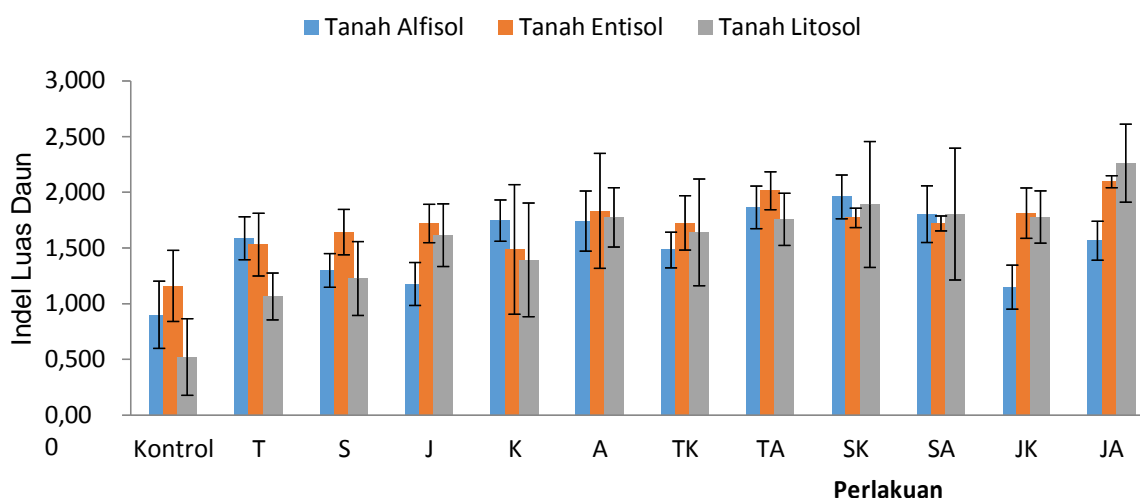
Gambar 2. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap biomasa pada Alfisol, Entisol, dan Litosol

### 5.3. Analisis Pertumbuhan Tanaman

#### 5.3.1. Indek luas daun (ILD)

Luas daun menyatakan besarnya luas permukaan organ-organ tanaman yang melakukan fotosintesis atau organ yang mengandung klorofil. ILD merupakan perbandingan luas daun total dengan luas tanah yang ditutupi atau luas daun di atas suatu luasan tanah. Pemberian biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah meningkatkan ILD pada saat pertumbuhan vegetatif maksimum, yaitu 0,9 menjadi 1,1 – 1,9 (Alfisol); 1,2 menjadi 1,5 – 2,1 (Entisol); dan 0,5 menjadi 1,1 – 2,3 (Litosol). ILD tertinggi dari perlakuan SK tidak berbeda nyata dengan perlakuan TA pada Alfisol sedangkan perlakuan JA tertinggi pada Entisol dan Litosol (Gambar 3). Hal ini berarti bahwa daun di atas 1 m<sup>2</sup> permukaan tanah terdapat seluas 1,9 m<sup>2</sup> (Alfisol); 2,1 m<sup>2</sup> (Entisol); dan 2,3 m<sup>2</sup> (Litosol). Harga ILD > 1 menggambarkan adanya saling menaungi diantara daun yang mengakibatkan daun yang ternaungi pada lapisan bawah tajuk mendapat cahaya yang kurang dan karenanya dapat mempunyai laju fotosintesis yang lebih rendah (Sitompul dan Bambang, 1995).

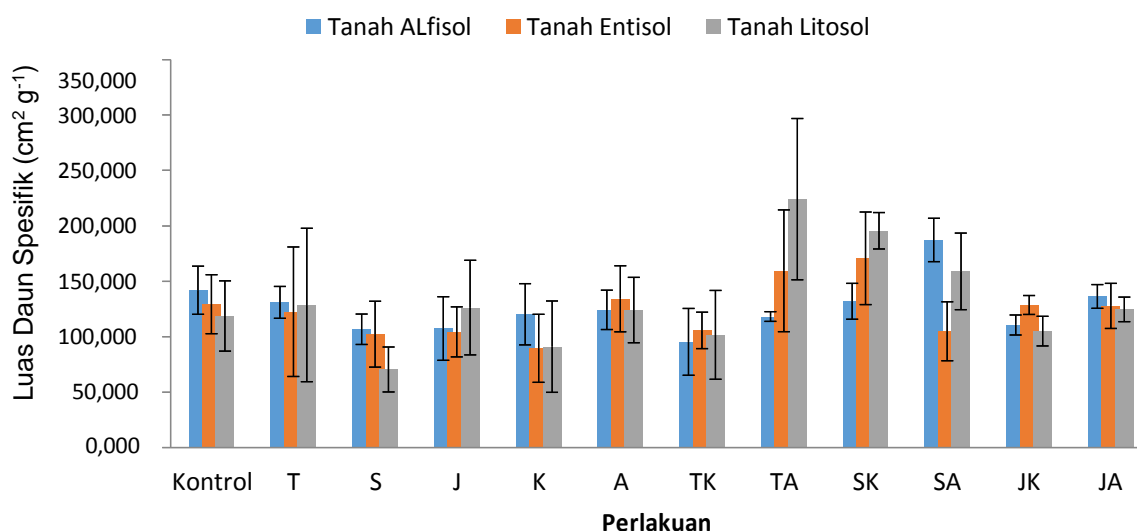
Nampaknya harga ILD sejalan dengan tinggi tanaman dan produksi biomasa pada Alfisol, Litosol maupun Entisol. Biomasa tanaman berasal dari serapan unsur hara dan air yang digunakan untuk membentuk bahan tanaman saat proses fotosintesis. Penyediaan nitrogen memberi pengaruh terhadap ILD dan karenanya berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan produksi biomasa tanaman (Tabel 3



Gambar 3. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap Indek Luas Daun pada Alfisol, Entisol, dan Litosol

### 5.3.2. Luas daun spesifik

Luas daun spesifik menggambarkan tebal tipisnya helai daun sebagai akibat pembagian karbohidrat ke bagian daun. Luas daun spesifik tanaman jagung cenderung sama pada semua perlakuan, yaitu masing-masing  $95 - 142 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Alfisol);  $89 - 159 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Entisol); dan  $70 - 195 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Litosol). Kecuali perlakuan biochar sekam dikombinasi pupuk kandang (SA) pada Alfisol; biochar sekam dikombinasi kompos (SK) pada Entisol; dan biochar tongkol dikombinasi pukan (TA) pada Litosol menunjukkan luas daun spesifik tertinggi, masing-masing  $187 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Alfisol);  $171 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Entisol); dan  $224 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (Litosol) (Gambar 4). Luas daun spesifik ditingkatkan secara signifikan dengan penerapan biochar kombinasi pupuk organik pada ketiga jenis tanah. Luas daun spesifik tertinggi dari perlakuan kombinasi dibanding perlakuan tunggal pada ketiga jenis tanah, yaitu  $187 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (SA);  $107 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (S); dan  $124 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (A) pada Alfisol;  $171 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (SK);  $102 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (S); dan  $89 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (K) pada Entisol; dan  $224 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (TA);  $129 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (T); dan  $124 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$  (A) pada Litosol. Hal ini berarti pembentukan luas daun per satuan bahan kering yang dialokasikan ke daun adalah tinggi pada pertumbuhan vegetatif maksimum. Keadaan demikian disebabkan oleh penyediaan karbohidrat untuk pertumbuhan daun lebih rendah dari laju penggunaannya untuk pembentukan luas daun. Pembesaran dan pembelahan sel berlangsung giat pada pertumbuhan vegetatif maksimum pada tanaman jagung.



Gambar 4. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap Luas Daun Spesifik pada Alfisol, Entisol, dan Litosol

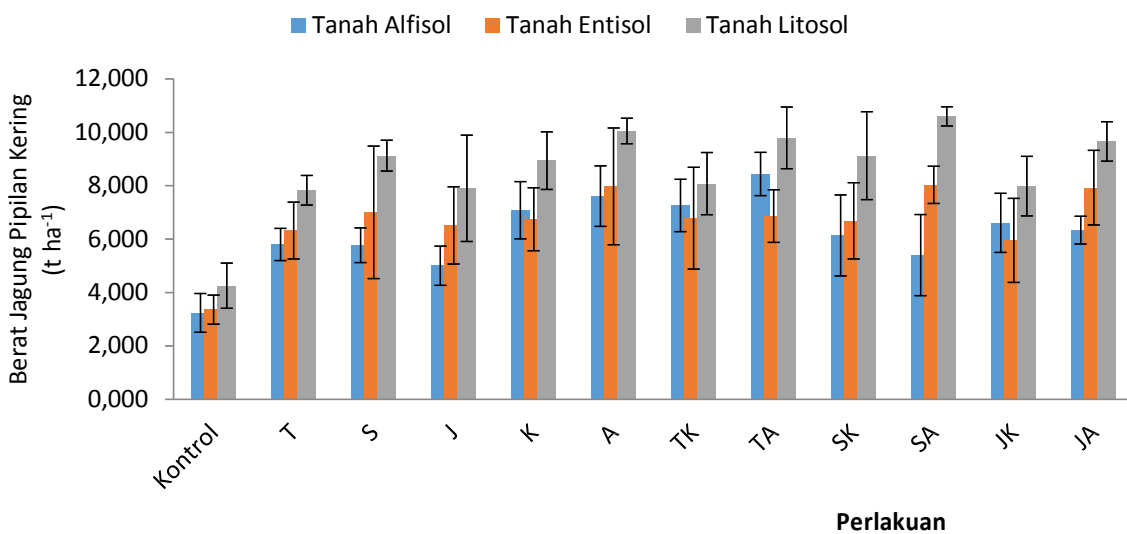
### 5.3.3. Hasil Jagung Pipilan

Penggunaan biochar dan pupuk organik meningkatkan hasil jagung dibanding kontrol, yaitu 3,2 menjadi 5,0 – 8,4 t ha<sup>-1</sup> (Alfisol); 3,4 menjadi 6 – 8,0 t ha<sup>-1</sup> (Entisol); dan 4,3 menjadi 7,8 – 10,5 t ha<sup>-1</sup> (Litosol). Hasil jagung terbaik pada Alfisol dan Litosol dari jenis biochar dan pupuk organik yang berbeda, yaitu masing-masing biochar tongkol dikombinasi pukan (Alfisol) dan biochar sekam dikombinasi pukan (Litosol). Hasil jagung pada perlakuan TA tidak berbeda nyata dengan A, masing-masing 8,4 t ha<sup>-1</sup> dan 7,8 t ha<sup>-1</sup> pada Alfisol. Kadar N, P, K tanah ditingkatkan dengan penerapan biochar tongkol dan pupuk kandang pada Alfisol (Tabel 2). Sementara itu hasil jagung dari perlakuan T sebesar 5,8 t ha<sup>-1</sup>. Nampaknya hasil jagung tinggi dari perlakuan TA maupun A tidak konsisten dengan perlakuan SA dan JA yang mempunyai kadar N, P, K tinggi pada Alfisol. Hasil jagung ditingkatkan 7,7% (dibanding perlakuan A) dan 44,8% (dibanding perlakuan T) pada Alfisol. Penggunaan bersama biochar tongkol dan pupuk kandang memberi kontribusi yang lebih baik terhadap pertumbuhan dan hasil jagung pada Alfisol. Masing-masing bahan organik saling sinergi untuk memberi manfaat bagi pertumbuhan dan hasil tanaman. Ouyang *et al.* (2014) menemukan bahwa aplikasi biochar meningkatkan aktivitas enzim tanah karena biochar meningkatkan nutrisi yang tersedia dalam tanah dan meningkatkan C organik terlarut dan aktivitas mikroba. Menurut Phares *et al.* (2017), aplikasi biochar tunggal atau biochar dikombinasi dengan pupuk kandang unggas meningkatkan P tersedia, KTK, dan jumlah karbon organik.

Meskipun kedua jenis tanah (Alfisol dan Litosol) bertekstur liat, namun menunjukkan tanggapan yang berbeda terhadap pertumbuhan dan hasil. Jumlah karbon organik dari kedua jenis tanah liat berbeda nampaknya yang mempengaruhi hasil jagung terbaik. Jumlah karbon organik dari Litosol dua kali lebih tinggi dari Alfisol, yaitu masing-masing 1,36% dan 0,72%. Tanaman menanggapi perubahan biochar tergantung pada sifat kimia dan fisik dari biochar, kondisi iklim, kondisi tanah dan jenis tanaman (Zwieten *et al.*, 2010; Gaskin *et al.*, 2010; Haefele *et al.*, 2011). Pada Litosol, hasil jagung terbaik dari perlakuan SA (10,5 t ha<sup>-1</sup>) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A, TA, JA dengan rata-rata sebesar 9,8 t ha<sup>-1</sup>. Pupuk kandang memiliki kadar N dan P yang lebih tinggi dibanding kompos (Tabel 2) sehingga memberi kontribusi hara N dan P yang lebih baik untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil jagung. Menurut Situmeang. (2017), dosis biochar 10,52 t ha<sup>-1</sup> dikombinasikan dengan kompos dan phonska memberikan hasil kering biji jagung tertinggi 13,71 t ha<sup>-1</sup>, yang meningkat sebesar 106,67% bila dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar, kompos, dan

phonska dengan nilai Efektivitas Agronomi Relatif (RAE) tertinggi (113,99%) yang sangat efektif untuk budidaya jagung di lahan kering.

Aplikasi jenis biochar dan pupuk organik dapat meningkatkan hasil biji jagung pada lempung berpasir (Entisol). Hasil penelitian menunjukkan jenis biochar dan pupuk organik menunjukkan hasil jagung yang cenderung sama pada Entisol (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa jenis biochar dan pupuk organik yang digunakan pada tanah berpasir memberikan tanggapan yang sama terhadap hasil jagung. Entisol memiliki kadar karbon organik paling rendah dan persentase pasir paling tinggi dibanding jenis tanah lainnya. Widowati *et al.* (2017) melaporkan bahwa penggunaan biochar dan pupuk organik pada tanah lempung berpasir dapat meningkatkan pori meso 28,4% dari 9,6% menjadi 13,4%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penerapan biochar pada tanah lempung berpasir di Lombok Utara, disampaikan bahwa aplikasi biochar berkontribusi terhadap pembenahan sifat fisika-kimia tanah, retensi hara dan air tanah, KTK sehingga hasil jagung menunjukkan respon positif (Sukartono *et al.*, 2012).



Gambar 5. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jagung pipilan kering pada Alfisol, Entisol, dan Litosol

#### 5.4. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah setelah inkubasi (7 hari), pertumbuhan vegetatif maksimum (60 hari), dan panen (112 hari)

Penelitian ini menggunakan nested design. Faktor 1 (Nest) adalah jenis tanah, yaitu Alfisol, Entisol dan Litosol. Faktor 2 (yang tersarang) adalah biochar dan pupuk organik. Biochar dan pupuk organik yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut:

Kontrol : Tanpa biochar maupun Biochar dan pupuk organik organik (Kontrol) T

: Biochar tongkol jagung

S : Biochar sekam padi

J : Biochar jengkok tembakau

K : Kompos

A : Pupuk organik kandang kotoran ayam

TK : Biochar tongkol-kompos

TA : Biochar tongkol- pupuk kandang kotoran ayam

SK : Biochar sekam padi- kompos

SA : Biochar sekam padi- pupuk kandang kotoran ayam

JK : Biochar jengkok tembakau-kompos

JA : Biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam

##### 5.4.1. pH (H<sub>2</sub>O)

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 4, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil analisis nested design pH pada 7 hari

Sumber Keragaman	pH
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.090

Tabel 4. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel pH tanah setelah inkubasi.

## Jenis Tanah

- Tabel 4. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap pH Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 4. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- Tabel 4. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol
- Tabel 4. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- Tabel 4. menunjukkan nilai sig (0.090) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap pH tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	6.050	$\pm 0.050$	a	6.050	$\pm 0.050$	a	6.800	$\pm 0.000$	bc
T	6.300	$\pm 0.200$	b	6.350	$\pm 0.150$	cd	6.850	$\pm 0.050$	c
S	6.300	$\pm 0.200$	b	6.050	$\pm 0.050$	a	6.700	$\pm 0.000$	abc
J	6.300	$\pm 0.200$	b	6.450	$\pm 0.050$	d	6.850	$\pm 0.050$	c
K	6.300	$\pm 0.100$	b	6.450	$\pm 0.050$	d	6.700	$\pm 0.100$	abc
A	6.500	$\pm 0.000$	c	6.200	$\pm 0.100$	abc	6.750	$\pm 0.050$	abc
TK	6.400	$\pm 0.000$	bc	6.100	$\pm 0.100$	a	6.800	$\pm 0.000$	bc
TA	6.450	$\pm 0.050$	bc	6.150	$\pm 0.150$	ab	6.800	$\pm 0.000$	bc
SK	6.350	$\pm 0.150$	bc	6.300	$\pm 0.200$	bcd	6.600	$\pm 0.000$	a
SA	6.400	$\pm 0.100$	bc	6.750	$\pm 0.050$	e	6.650	$\pm 0.050$	ab
JK	6.450	$\pm 0.050$	bc	6.200	$\pm 0.000$	abc	6.750	$\pm 0.150$	abc
JA	6.700	$\pm 0.200$	d	6.150	$\pm 0.050$	ab	6.750	$\pm 0.050$	abc

\*Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah

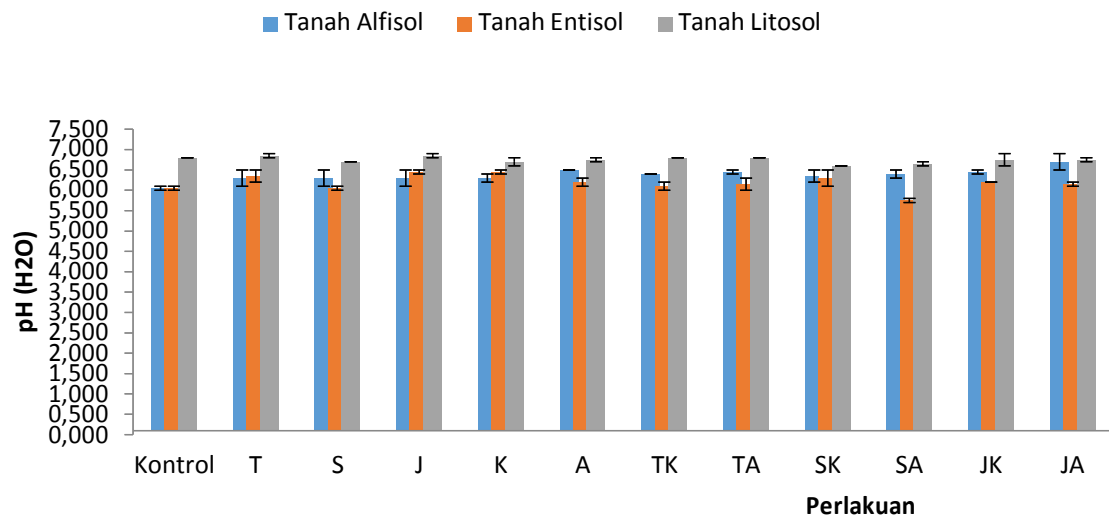
\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Tabel 5 menunjukkan nilai pH tanah setelah 7 hari tanah diperlakukan dengan biochar-pupuk organik di ketiga jenis tanah dengan hasil yang bervariasi. Biochar dan pupuk organik yang diterapkan pada masing-masing jenis tanah menunjukkan perubahan nilai pH

terbaik yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa jenis tanah mempengaruhi perbedaan perubahan nilai pH dengan penambahan biochar dan pupuk organik. Pemberian pupuk kandang yang dikombinasi dengan biochar akan menghasilkan peningkatan nilai pH yang lebih baik pada Alfisol maupun Entisol pada 7 hari setelah aplikasi. Pada tanah Alfisol perlakuan aplikasi biochar jengkok – pupuk kandang kotoran ayam memiliki nilai pH rata-rata tertinggi (6,7) diantara perlakuan lainnya (6,3 – 6,5). Sedangkan untuk jenis tanah Entisol perlakuan kombinasi biochar jengkok tembakau-kompos mempunyai nilai pH tertinggi (6,8). Sedangkan pada jenis tanah Litosol nilai pH tertinggi dari perlakuan biochar tongkol jagung maupun biochar jengkok tembakau (6,9). Apabila ditinjau dari pengaruh perlakuan terhadap kontrol menunjukkan bahwa pada ketiga jenis tanah tersebut selama yang diaplikasikan dengan biochar serta kompos mampu menghasilkan nilai pH tanah yang berbeda nyata dan lebih besar dibandingkan kontrol.

pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan dan merupakan karakteristik penting dari tanah dalam hal pertumbuhan dan produksi tanaman. pH tanah Alfisol ditingkatkan dengan biochar dan pupuk organik yang diterapkan secara tunggal maupun kombinasi pada 7 HST (Tabel 5). pH tanah dari penggunaan secara kombinasi lebih tinggi daripada tunggal pada Alfisol. Hal ini karena biochar memiliki sifat yang lebih alkalin meskipun tidak semua biochar bersifat alkalin. Lehmann *et al.* (2007b) melaporkan bahwa pH biochar dapat berkisar dari 4 - 12 tergantung pada bahan baku yang digunakan dan kondisi pirolisis. Pada Alfisol, pH H<sub>2</sub>O yang diukur pada 60 HST lebih tinggi daripada 7 HST (Tabel 1). Khususnya aplikasi biochar sekam pada Entisol, pH meningkat di tanah berpasir pada 60 HST. Penggunaan biochar dan pupuk organik meningkatkan pH kecuali biochar sekam pada 7 HST yang baru meningkatkan pH pada 60 HST (Entisol) (Tabel 5). Pada tanah liat (Alfisol dan Litosol), pH meningkat karena kapasitas tukar kation awal yang tinggi dibanding tanah pasir (dan karenanya kapasitas buffer yang tinggi). pH tanah ditingkatkan dengan biochar dan pupuk organik yang diterapkan secara tunggal maupun kombinasi pada Litosol (60 HST). pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl tanah Litosol yang diukur pada 60 HST lebih tinggi daripada 7 HST. Perubahan dengan biochar meningkatkan pH tanah dan KTK yang konsisten dengan penelitian sebelumnya (Van Zwieten *et al.*, 2010).





Gambar 6. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 6. Hasil analisis nested design pH pada (60 hari)

Sumber Keragaman	pH
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.083
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.039

Tabel 6. Menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar-biochar-pupuk organik organik pada jenis tanah) dan biochar-Biochar-pupuk organik organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap pH yang diteliti.

### Jenis Tanah

Tabel 6. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap pH

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 6. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap pH

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 6. menunjukkan nilai sig (0.083) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap pH Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 6. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 6. menunjukkan nilai sig (0.039) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

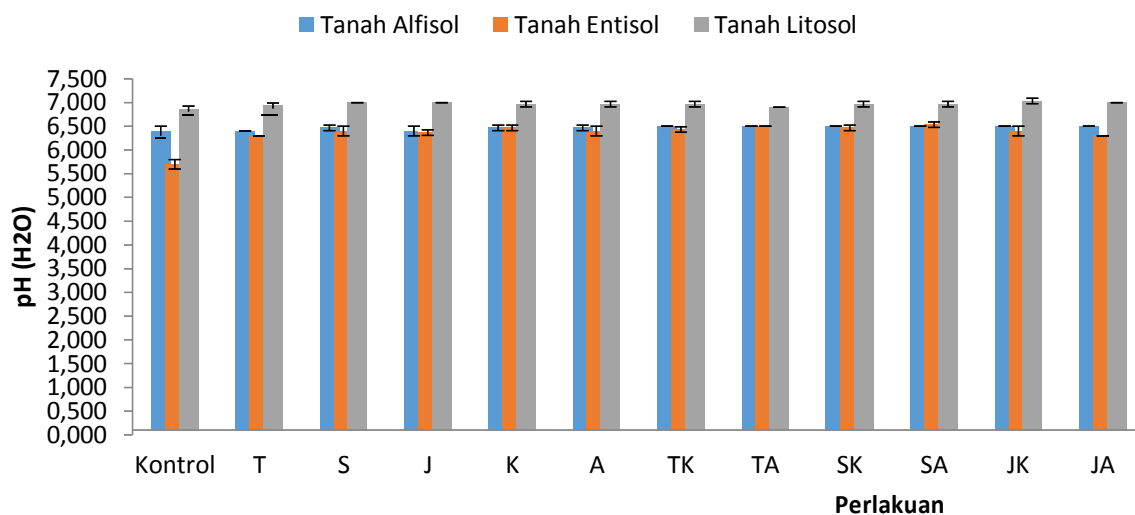
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	6.400	0.100	a	5.700	0.100	a	6.867	0.058	a
T	6.400	0.000	a	6.300	0.000	a	6.933	0.058	a
S	6.467	0.058	a	6.400	0.100	a	7.000	0.000	a
J	6.400	0.100	a	6.367	0.058	a	7.000	0.000	a

K	6.467	0.058	a	6.467	0.058	a	6.967	0.058	a
A	6.467	0.058	a	6.400	0.100	a	6.967	0.058	a
TK	6.500	0.000	a	6.433	0.058	a	6.967	0.058	a
TA	6.500	0.000	a	6.500	0.000	a	6.900	0.000	a
SK	6.500	0.000	a	6.467	0.058	a	6.967	0.058	a
SA	6.500	0.000	a	6.533	0.058	a	6.967	0.058	a
JK	6.500	0.000	a	6.400	0.100	a	7.033	0.058	a
JA	6.500	0.000	a	6.300	0.000	a	7.000	0.000	a

\*Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar-pupuk organik pada masing-masing tanah

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

Nilai pH yang diukur pada 7 hari setelah aplikasi menunjukkan hasil yang berbeda ketika diukur pada 60 hari. Nilai pH tanah tidak dipengaruhi oleh perlakuan pada umur 60 hari. Tabel 7 menunjukkan bahwa pada masing- masing perlakuan baik pada aplikasi biochar secara tunggal, pupuk organik dan yang dikombinasikan di ketiga jenis tanah didapati hasil yang tidak berpengaruh nyata terhadap nilai pH tanah (60 hari). Pengaruh perlakuan terhadap kontrol juga tidak berpengaruh nyata terhadap perlakuan di tanah jenis Alfisol, Entisol dan Litosol.



Gambar 7. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 8. Hasil analisis nested design pH (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.022
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 8. menunjukkan nilai signifikan pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai  $\text{sig} < \alpha (=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel pH H<sub>2</sub>O 1:1 tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

- Tabel 8. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap pH H<sub>2</sub>O. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 8. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol
- Tabel 8. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- Tabel 8. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.022) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- Tabel 8. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap pH tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 9.

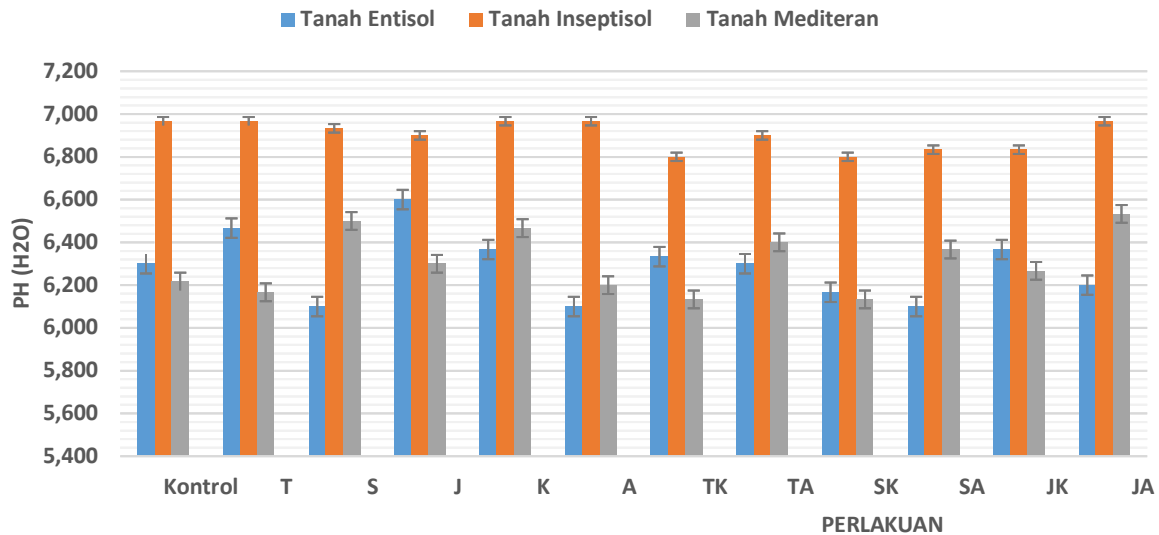
Tabel 9. Hasil uji DMRT pH pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	±Stdev	Notasi	Rata-Rata	±Stdev	Notasi	Rata-Rata	±Stdev	Notasi
Kontrol	6,217	0,058	de	6,300	0,000	bcd	6,967	0,058	c
T	6,167	0,058	ab	6,467	0,058	de	6,967	0,058	c
S	6,500	0,000	de	6,100	0,000	a	6,933	0,115	bc
J	6,300	0,200	bc	6,600	0,100	e	6,900	0,000	abc
K	6,467	0,058	de	6,367	0,058	cd	6,967	0,058	c
A	6,200	0,000	ab	6,100	0,000	a	6,967	0,058	c
TK	6,133	0,058	a	6,333	0,058	bcd	6,800	0,100	abc
TA	6,400	0,000	cde	6,300	0,100	bcd	6,900	0,000	abc
SK	6,133	0,058	a	6,167	0,058	ab	6,800	0,000	abc
SA	6,367	0,058	cd	6,100	0,100	a	6,833	0,058	ab
JK	6,267	0,058	abc	6,367	0,252	cd	6,833	0,058	ab
JA	6,533	0,058	e	6,200	0,100	abc	6,967	0,058	c

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

Nilai pH menunjukkan perbedaan pada masing-masing pengamatan (7, 60, dan 112 hari). Penggunaan biochar jengkok dan pupuk kandang secara kombinasi menunjukkan nilai pH yang terbaik pada awal dan akhir pengamatan. Nilai pH ketiga jenis tanah bervariasi dengan perlakuan pada saat umur 112 hari. Pada perlakuan biochar jengkok – pupuk kandang kotoran ayam berpengaruh nyata terhadap nilai pH tanah pada jenis tanah Alfisol. Nilai pH tertinggi pada jenis tanah Entisol diperoleh pada perlakuan biochar jengkok tembakau (6,6). Pada tanah Litosol perlakuan kontrol, biochar tongkol jagung, kompos dan pupuk organik kandang memiliki nilai pH tanah yang sama (6,9). Apabila ditinjau dari pengaruh perlakuan terhadap kontrol khususnya pada dua jenis tanah yaitu Alfisol dan Entisol menunjukkan bahwa tanah yang diperlakukan biochar, pupuk organik dan biochar dikombinasikan dengan pupuk organik menghasilkan hasil yang nyata.



Gambar 8. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap pH pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.2. Bahan Organik Tanah

Hasil analisis bahan organik tanah dengan nested design disajikan pada Tabel 10, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 11.

Tabel 10. Hasil analisis nested design bahan organik tanah pada 7 hari

Sumber Keragaman	Kadar BO
Tanah	0,000
Pupuk dalam tanah	0,000
Pupuk dalam Alfisol	0,000
Pupuk dalam Entisol	0,001
Pupuk dalam Litosol	0,000

Tabel 10. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah.

#### Jenis Tanah

Tabel 10. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar BO

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 10. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 10. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 10. menunjukkan nilai sig (0.125) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 10. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil uji DMRT kadar BO pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	1,872	0,028	a	0,486	0,002	a	0,849	0,137	a
T	2,582	0,077	bc	1,182	0,179	bcd	2,450	0,206	b
S	2,491	0,003	ab	0,748	0,081	ab	3,177	0,304	bcd
J	3,864	0,060	b	1,902	0,079	d	3,720	0,244	e
K	2,835	0,822	bc	0,739	0,250	ab	2,640	0,342	bc
A	3,904	0,236	b	0,914	0,079	ab	2,533	0,229	b
TK	3,239	0,435	c	1,074	0,073	bc	2,782	0,734	bc
TA	3,092	0,219	bc	1,270	0,123	bcd	2,717	0,184	bc
SK	4,689	1,417	d	1,095	0,092	bc	2,428	0,028	b
SA	3,216	0,289	c	0,572	0,081	ab	3,549	0,758	de
JK	4,862	0,381	e	1,313	0,009	bcd	3,344	0,790	cde
JA	4,792	0,322	e	1,672	0,006	cd	2,977	0,514	bcd

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Tabel 11 menunjukkan bahwa tanah Alfisol yang diperlakukan secara kombinasi biochar jengkok tembakau-kompos (JK) maupun biochar jengkok-pupuk kandang (JA) menghasilkan kadar bahan organik tertinggi (4.9%) pada 7 hari. Tanah Entisol dan tanah Litosol rata-rata kadar bahan organik tertinggi terdapat pada perlakuan biochar jengkok tembakau (3,7%). Kombinasi biochar jengkok dengan pupuk organik (pukan ataupun kompos) menghasilkan peningkatan bahan organik tanah yang lebih baik dibanding penggunaan secara tunggal pada tanah Alfisol (7 hari). Berbeda pada jenis tanah Entisol dan Litosol yang menghasilkan bahan organik tertinggi dengan aplikasi biochar jengkok secara

tunggal. Apabila ditinjau dari pengaruh perlakuan terhadap kontrol menunjukkan bahwa tanah yang diperlakukan biochar dan pupuk organik mampu menghasilkan kadar bahan organik yang berbeda nyata dan lebih besar dibandingkan kontrol.

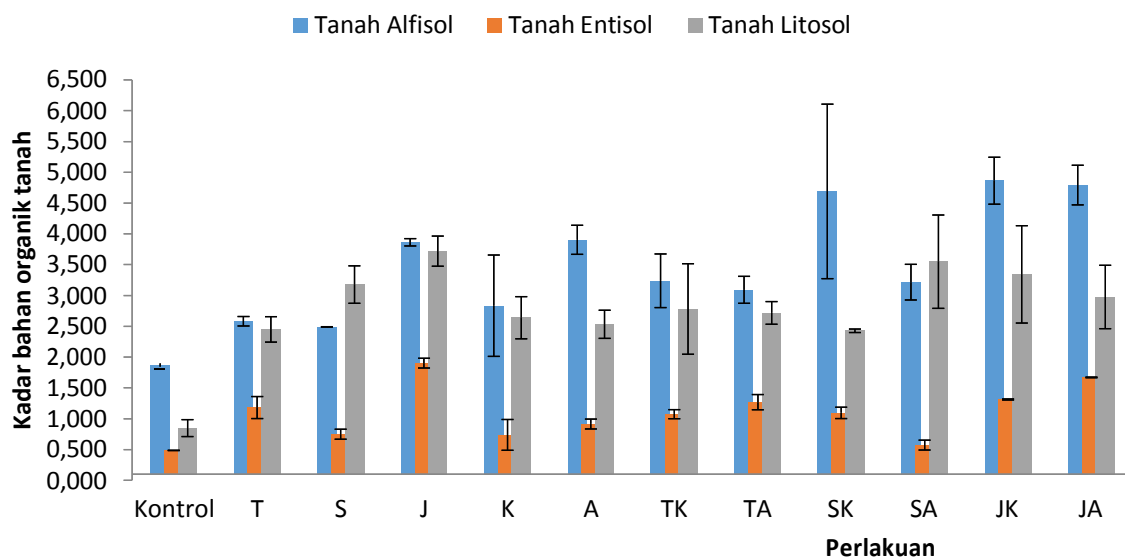
Perubahan karbon organik akan mempengaruhi kesuburan tanah. Penerapan biochar dan pupuk organik meningkatkan bahan organik tanah Alfisol. Bahan organik tanah setelah aplikasi biochar kombinasi pupuk organik lebih tinggi daripada penggunaan tunggal pada 7 HST. Bahan organik tanah dari aplikasi biochar jengkok lebih besar dari biochar tongkol lebih besar dari biochar sekam. Bahan organik tanah dari pupuk kandang lebih besar dari kompos pada 7 HST tetapi sebaliknya pada 60 HST. Bahan organik tanah menurun dari penggunaan pupuk kandang tetapi meningkat dengan kompos selama 8 minggu. Bahan organik tanah tidak menurun dengan penggunaan biochar akan tetapi menurun dengan aplikasi biochar kombinasi pupuk organik yang diamati dalam selang 8 minggu. Penggunaan biochar jengkok kombinasi pupuk kandang (JA), kompos yang dikombinasi biochar sekam (SK) maupun biochar jengkok (JK) menunjukkan bahan organik tanah lebih dari 4,5% (7 HST) tetapi menurun menjadi lebih dari 3,5% (60 HST). Penerapan biochar sekam kombinasi pupuk kandang (SA), biochar tongkol kombinasi kompos (TK) maupun kombinasi dengan pupuk kandang (TA) menunjukkan bahan organik tanah lebih dari 3% (7 HST) tetapi menurun menjadi lebih dari 2,5% (60 HST) (Tabel 11).

Bahan organik tanah dengan masukan biochar dan pupuk organik berkisar 0,74 – 1,9% (7 HST) dan 0,97 – 2,02% (60 HST) pada Entisol. Kenaikan tertinggi dengan menggunakan biochar jengkok pada 7 HST. Selama 8 minggu, belum banyak perubahan kadar bahan organik tanah dari berbagai masukan organik pada Entisol.

Pada 7 HST, bahan organik tanah meningkat dari 0,85% menjadi lebih dari 3% dengan penerapan biochar sekam (S), biochar jengkok (J), biochar sekam kombinasi pupuk kandang (SA), dan biochar jengkok kombinasi kompos (JK) sedang perlakuan lainnya meningkat lebih dari 2,5% pada 7 HST. Namun demikian pada pengamatan selanjutnya (60 HST), bahan organik tanah dari penggunaan biochar jengkok (JK) maupun biochar jengkok kombinasi kompos (JK) masih diatas 3%, sedangkan biochar sekam (S) dan biochar sekam kombinasi pupuk kandang (SA) menurun menjadi 2,5%. Bahan organik tanah yang semula di atas 2,5% (7 HST) meningkat menjadi di atas 3% (60 HST). Khususnya penggunaan biochar jengkok kombinasi pupuk kandang (JA) meningkatkan bahan organik tanah 26% dari 2,98% (7 HST) menjadi 3,75 (60 HST) (Tabel 3). Enders *et al.* (2012) melaporkan bahwa biochar



memiliki konten yang mudah menguap yang rendah dan karbon yang tinggi bila dibandingkan dengan biomassa berbagai bahan baku.



Gambar 9. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar bahan organik pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 12. Hasil analisis nested design kadar bahan organik pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar BO
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.125
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.001

Tabel 12. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah.

### Jenis Tanah

Tabel 12. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar BO

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 12. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 12. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 12. menunjukkan nilai sig (0.125) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar BO Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 12. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar BO. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil uji DMRT kadar bahan organik pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

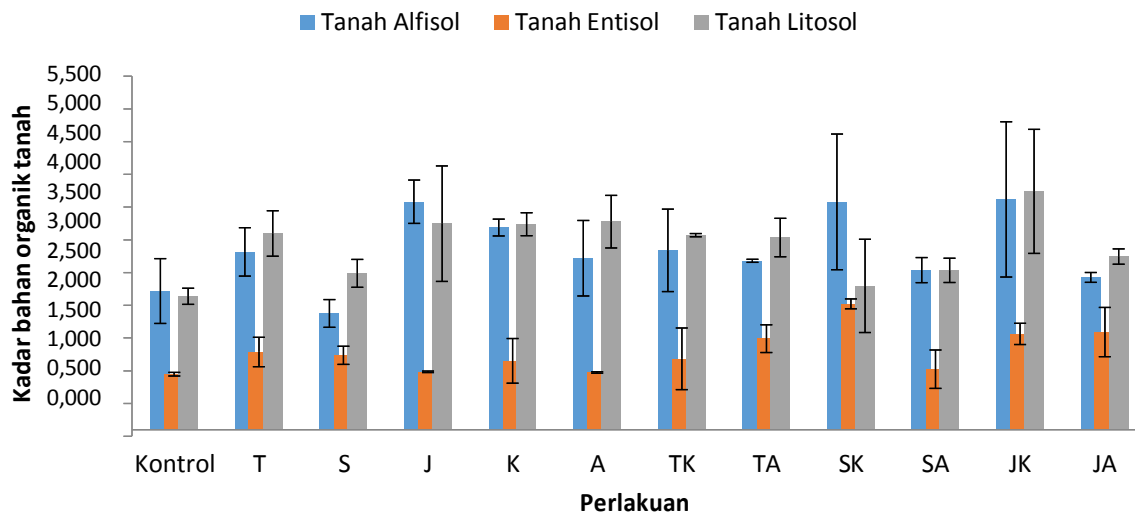
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	2.217	0.495	a	0.947	0.027	a	2.138	0.124	a
T	2.817	0.370	bcd	1.287	0.224	ab	3.097	0.347	bcd
S	1.876	0.212	a	1.237	0.139	ab	2.488	0.212	abc
J	3.583	0.332	d	0.985	0.011	a	3.246	0.882	cd
K	3.189	0.129	cd	1.152	0.342	a	3.240	0.175	cd
A	2.719	0.577	bc	0.974	0.011	a	3.277	0.401	cd
TK	2.840	0.630	bcd	1.183	0.471	a	3.071	0.024	bcd
TA	2.679	0.024	bc	1.491	0.212	ab	3.035	0.294	bcd
SK	3.581	1.036	d	2.023	0.076	b	2.296	0.712	ab
SA	2.538	0.192	abc	1.025	0.294	a	2.534	0.186	abc
JK	3.618	1.186	d	1.563	0.162	ab	3.740	0.948	d
JA	3.526	0.076	d	1.591	0.376	ab	2.745	0.117	abc

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Tabel 13 menunjukkan bahwa bahan organik yang bervariasi pada umur 60 hari pada berbagai jenis tanah. Tanah Alfisol, bahan organik tanah tertinggi masih sama seperti pada pengamatan 7 HST. Namun demikian perlakuan SK dan J juga menghasilkan bahan organik tanah yang tidak berbeda dengan perlakuan JK dan JA (3,6%). Pada tanah Entisol yaitu pada perlakuan biochar sekam padi – kompos secara kombinasi, sedangkan pada tanah Litosol perlakuan terbaik pada biochar jengkok tembakau-kompos secara kombinasi. Apabila ditinjau dari pengaruh aplikasi biochar dan pupuk organik maka pemberian biochar-pupuk organik

mampu menghasilkan kadar bahan organik yang berbeda nyata dan lebih besar jika dibandingkan dengan kontrol.



Gambar 10. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap bahan organik pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 14. Hasil analisis nested design kadar bahan organik pada (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.001
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 14. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel bahan organik tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

- Tabel 14. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap bahan organik . Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 14. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

- c. Tabel 14. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- d. Tabel 14. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- e. Tabel 14. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap bahan organik tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 15.

Tabel 15. Hasil uji DMRT bahan organik pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

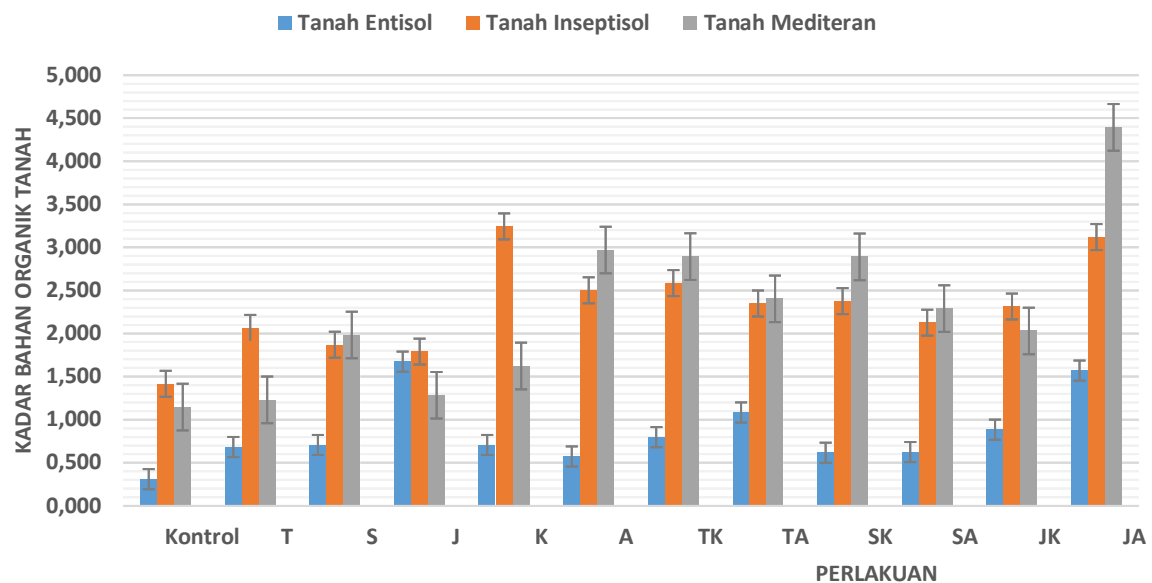
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	1,147	0,087	bc	0,310	0,000	a	1,417	0,051	a
T	1,230	0,040	a	0,683	0,110	ab	2,067	0,275	bc
S	1,983	0,246	bc	0,707	0,081	abc	1,870	0,316	ab
J	1,283	0,396	a	1,673	0,162	c	1,790	0,078	ab
K	1,623	0,509	ab	0,707	0,061	abc	3,243	0,228	e
A	2,970	0,589	e	0,573	0,243	a	2,503	0,446	c
TK	2,893	0,196	de	0,797	0,021	abc	2,587	0,647	cd
TA	2,403	0,093	cd	1,083	0,418	abc	2,350	0,170	bc
SK	2,890	0,315	de	0,617	0,015	ab	2,377	0,292	bc
SA	2,290	0,061	c	0,623	0,015	ab	2,127	0,107	bc
JK	2,030	0,181	bc	0,883	0,320	abc	2,313	0,099	bc
JA	4,193	0,091	f	1,570	1,637	bc	3,120	0,470	de

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Kandungan bahan organik dipengaruhi oleh perlakuan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah umur 112 hari. Pada tanah Alfisol perlakuan terbaik dari biochar jengkok pupuk-kandang secara bersama masih bertahan hingga akhir pengamatan. Tanah Entisol perlakuan terbaik yaitu pada aplikasi biochar jengkok tembakau. Sedangkan, pada tanah Litosol yaitu pada aplikasi kompos. Pengaruh perlakuan terhadap kontrol menunjukkan bahwa beberapa jenis tanah tersebut yang diperlakukan oleh aplikasi biochar dan pupuk organik mampu menghasilkan kandungan bahan organik yang berbeda nyata dan

lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Data Kandungan bahan organik pada masing-masing jenis tanah 112 hari disajikan pada Tabel 15.



Gambar 11. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap bahan organik pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

### 5.4.3. Jumlah Basa

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 16, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil analisis nested design jumlah basa pada 7 hari

Sumber Keragaman	Jumlah Basa
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.001
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 16. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar-pupuk pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Jumlah Basa.

## Jenis Tanah

- a. Tabel 16. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Jumlah Basa. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah
- b. Tabel 16. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- c. Tabel 16. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa. Biochar-pupuk pada jenis tanah Entisol
- d. Tabel 16. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- e. Tabel 16. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 17.

Hasil penelitian menunjukkan jumlah basa setelah diberi biochar lebih rendah daripada biochar kombinasi pupuk organik lebih rendah daripada pupuk organik pada Alfisol (7 dan 60 HST). Demikian pula pada Entisol, aplikasi biochar tunggal maupun kombinasi dengan pupuk organik menunjukkan jumlah basa yang lebih rendah dari pupuk organik pada 7 HST. Hal ini berarti pupuk organik meningkatkan secara langsung kadar unsur hara sedangkan penambahan biochar dan pupuk organik ke tanah dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menyimpan atau menahan unsur hara (khususnya kation basa) daripada meningkatkan secara langsung kadar unsur hara pada Alfisol dan Entisol. Hal ini pada gilirannya diharapkan dapat mengurangi jumlah kerugian nutrisi melalui pencucian. Namun berbeda pada Litosol, jumlah basa lebih tinggi setelah diterapkan biochar dibanding pupuk organik maupun penggunaan secara kombinasi pada 7 HST. Hal ini menunjukkan kemampuan biochar berkontribusi langsung terhadap peningkatan kadar hara pada Litosol, khususnya Ca dan Mg (7 HST). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jenis tanah menentukan kemampuan biochar untuk meningkatkan kadar Ca dan Mg (penyedia hara) maupun menyimpan atau menahan kation basa.

Tabel 17. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	19.482	1.334	a	10.363	0.823	a	27.533	5.071	a
T	26.443	2.982	bc	12.286	0.095	a	46.365	8.734	d
S	24.335	3.668	ab	10.676	1.194	a	46.359	6.606	d
J	26.981	4.102	bc	12.243	0.313	a	37.979	4.347	c
K	30.108	5.199	c	13.198	1.243	a	32.838	0.418	abc
A	31.940	6.300	c	13.574	1.311	a	35.439	1.039	bc
TK	30.657	3.672	c	11.955	0.482	a	30.363	2.233	ab
TA	26.300	2.773	bc	11.705	0.247	a	34.580	1.024	bc
SK	26.038	4.269	bc	12.156	1.633	a	33.654	0.044	bc
SA	28.176	0.185	bc	11.888	0.159	a	33.321	2.388	bc
JK	28.563	0.761	bc	12.931	0.163	a	35.010	1.257	bc
JA	31.039	0.430	c	11.744	0.062	a	36.537	2.871	c

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

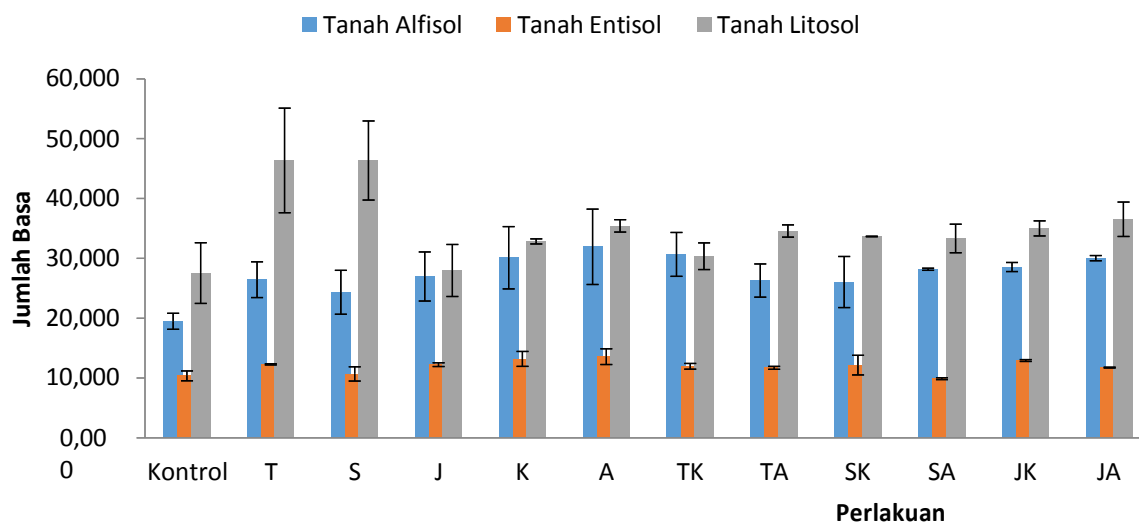
Tabel 17 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk organik (pupuk kandang dan kompos), biochar tongkol-kompos serta biochar jengkok-pupuk kandang memiliki hasil yang tidak berbeda yaitu dengan nilai jumlah basa berturut-turut sebesar 31.94; 31.11 dan 30.04 me/100 g. Pada tanah Litosol perlakuan biochar tongkol jagung dan biochar sekam padi menghasilkan jumlah basa yang sama yaitu 46.37 dan 46.36 me/100g. Sedangkan pada tanah Entisol pengaruh perlakuan terhadap kontrol menunjukkan nilai jumlah basa yang tidak berbeda nyata.

Kadar K, Ca, Na, Mg meningkat dengan penggunaan biochar dan pupuk organik pada Alfisol. Hal ini menyebabkan jumlah basa juga meningkat. Setelah biochar terkena oksigen dan air di lingkungan tanah, reaksi oksidasi segera terjadi sehingga mengakibatkan peningkatan muatan negatif bersih dan karenanya peningkatan KTK (Joseph *et al.*, 2009). Dengan demikian berpotensi meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman (Mayor *et al.*, 2010a). Peningkatan kation basa berkaitan dengan KTK tanah yang meningkat setelah aplikasi biochar maupun pupuk organik. Kadar K, Na, dan Mg relatif sama setelah penerapan jenis biochar dan pupuk organik pada 7 maupun 60 HST akan tetapi menurun pada 60 HST. Tidak demikian dengan kadar Ca yang meningkat selama 8 minggu, dari 12,89 – 20,96 me/100 g (7 HST) menjadi 18,61 – 25,18 me/100 g (60 HST). Jumlah basa juga relatif sama dari

penerapan biochar maupun pupuk organik, baik kombinasi maupun tunggal pada Alfisol.

Penggunaan biochar dan pupuk organik memberi kontribusi yang kecil terhadap peningkatan kadar K, Na, dan Mg pada Entisol (7 HST). Oleh karena itu peningkatan jumlah basa tidak terlalu besar dibanding kontrol, yaitu 10,36 me/100 g (kontrol) dan 10,68 – 13,57 me/100 g (biochar dan pupuk organik). Kadar K dan Na pada 60 HST lebih tinggi daripada 7 HST tetapi kadar Mg pada 7 HST lebih besar daripada 60 HST pada Entisol.

Kadar K dari pengamatan 56 HST (1,37 – 2,38 me/100g) lebih tinggi dari 7 HST (0,47 – 1,35 me/100g). Kadar Na dari perlakuan biochar tongkol (T), biochar sekam (S), dan biochar jengkok (J) dari pengamatan 60 HST lebih tinggi dari 7 HST. Kadar Mg tanah dari penerapan biochar sekam tertinggi dari perlakuan lainnya pada 7 HST. Jumlah basa dari perlakuan biochar tongkol dan biochar sekam di atas 45 me/100 g sedangkan perlakuan lainnya di atas 30 – di bawah 40 me/100 g pada 7 HST. Namun berbeda pada pengamatan 60 HST, semua perlakuan lebih dari 36 dan kurang dari 40 me/100 g pada Litosol.



Gambar 12. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 18. Hasil analisis nested design jumlah basa pada (60 hari)

Sumber Keragaman	Jumlah Basa
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.709
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.000



Tabel 18. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah basa.

### Jenis Tanah

Tabel 18. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Jumlah Basa

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 18. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 18. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Jumlah Basa

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 18. menunjukkan nilai sig (0.709) >  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Jumlah Basa

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 18. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Jumlah Basa. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 19.

Tabel 19 menunjukkan bahwa pada perlakuan aplikasi biochar dan pupuk organik mampu meningkatkan jumlah basa pada tanah Alfisol dan Litosol. Pada tanah Alfisol perlakuan terbaik yaitu pada aplikasi kompos sedangkan pada tanah Litosol perlakuan terbaik pada biochar sekam padi. Sedangkan pada tanah Entisol pengaruh perlakuan terhadap kontrol menunjukkan bahwa tanah yang diperlakukan dengan aplikasi biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa umur 60 hari tidak berbeda nyata dengan nilai jumlah basa.

Tabel 20. Hasil analisis nested design jumlah basa (112 hari)

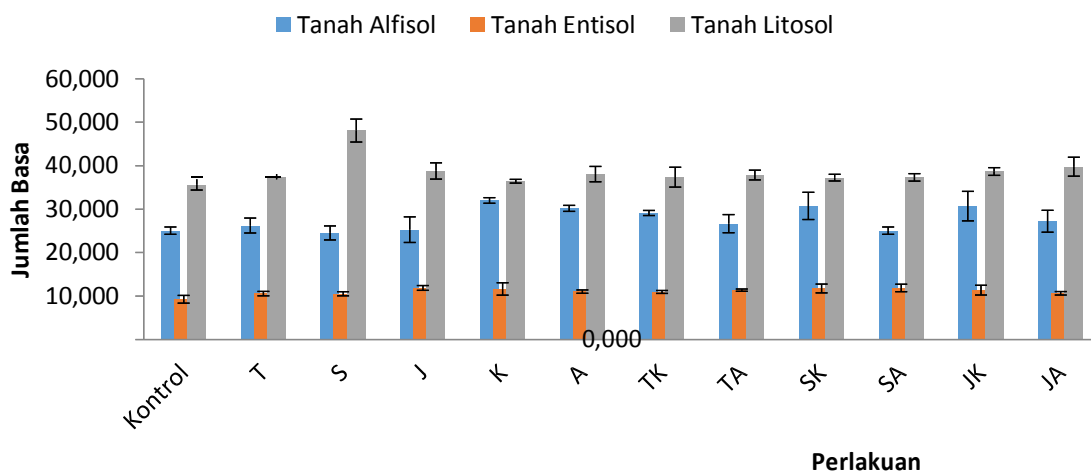
Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.274
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.017
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 19. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	25.053	0.849	a	9.255	0.888	a	35.646	1.236	a
T	26.226	1.724	a	10.586	0.507	a	37.451	0.627	abc
S	24.524	1.618	a	10.544	0.481	a	48.081	2.624	d
J	25.271	2.946	a	11.881	0.544	a	38.786	1.859	bc
K	32.001	0.651	d	11.637	1.428	a	36.417	0.437	ab
A	30.181	0.695	cd	11.037	0.386	a	38.050	1.765	abc
TK	29.112	0.579	bc	10.949	0.346	a	37.365	2.293	abc
TA	26.657	2.079	ab	11.369	0.273	a	37.839	1.117	abc
SK	30.741	3.132	cd	11.762	1.010	a	37.242	0.763	abc
SA	25.057	0.853	a	11.878	0.853	a	37.304	0.856	abc
JK	30.698	3.383	cd	11.381	1.118	a	38.655	0.889	bc
JA	27.207	2.518	a	10.649	0.388	a	39.771	2.182	c

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$



Gambar 13. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 20. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel jumlah basa tanah setelah inkubasi.

## Jenis Tanah

Tabel 20. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap jumlah basa .

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 20. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah basa tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 20. menunjukkan nilai sig (0.274) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap aaa tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 20. menunjukkan nilai sig (0.017) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah basa tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 20. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah basa tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 21.

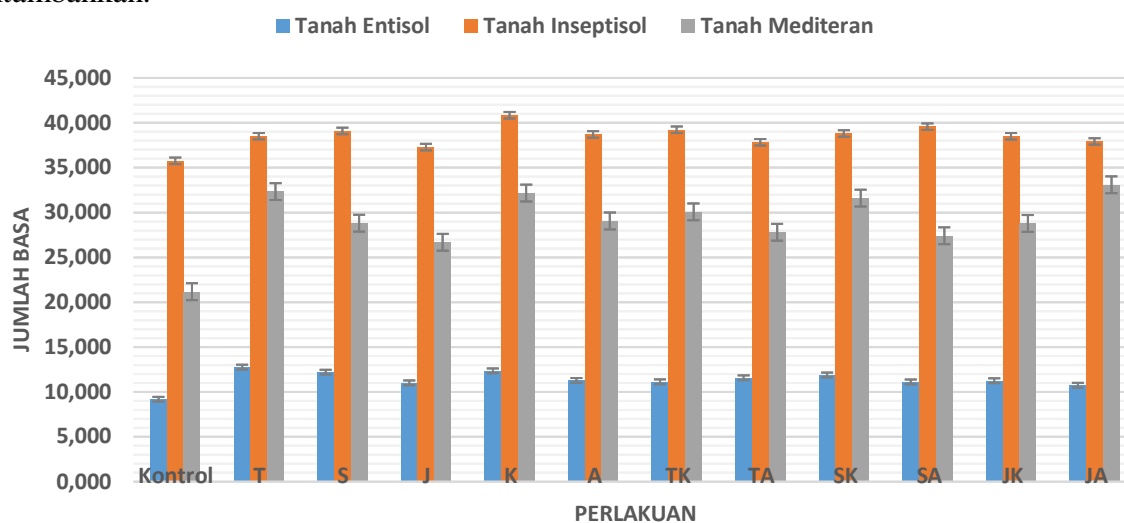
Tabel 21. Hasil uji DMRT jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	21,180	0,949	bcde	9,197	0,720	a	35,757	0,509	a
T	32,340	0,221	de	12,777	2,399	c	38,507	0,957	bc
S	28,817	1,715	abcd	12,213	0,611	bc	39,090	1,536	bcd
J	26,690	0,605	a	11,020	0,674	b	37,290	0,409	ab
K	32,177	0,181	de	12,350	0,416	bc	40,850	1,407	d
A	29,057	1,078	abcd	11,293	0,337	bc	38,707	1,893	bc
TK	30,073	1,809	abcde	11,133	0,657	bc	39,227	0,777	bcd
TA	27,800	3,076	abc	11,577	0,453	bc	37,827	0,661	bc
SK	31,607	4,464	cde	11,900	0,161	bc	38,817	0,471	bcd
SA	27,417	1,237	ab	11,127	0,399	bc	39,567	1,598	cd
JK	28,787	2,920	abcd	11,260	0,315	bc	38,503	1,345	bc
JA	33,093	1,300	e	10,747	0,724	b	37,927	0,257	bc

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Jumlah basa pada Tabel 18 menunjukkan nilai yang variatif terhadap ketiga jenis tanah. Pada tanah Alfisol, perlakuan biochar jengkok- pupuk kandang kotoran ayam mampu menghasilkan jumlah basa yang berbeda nyata dan lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada tanah Entisol, perlakuan biochar tongkol jagung menunjukkan jumlah basa tertinggi. Sedangkan, pada tanah Litosol perlakuan kompos memiliki nilai jumlah basa tertinggi diantara perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah basa tertinggi pada masing-masing jenis tanah berbeda dan tergantung masukan organik yang ditambahkan.



Gambar 14. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap jumlah basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.4. Kejenuhan Basa (KB)

Kejenuhan basa yang diamati pada 112 hari pada tanah Litosol tidak dipengaruhi oleh perlakuan biochar dan pupuk organik yang diaplikasikan secara tunggal maupun kombinasi. Pengaruh perlakuan terhadap kejenuhan basa (KB) menunjukkan bahwa tanah jenis Alfisol dan Entisol yang diperlakukan biochar maupun pupuk organik telah menghasilkan nilai kejenuhan basa yang berbeda nyata dan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan kompos menghasilkan KB tertinggi pada Alfisol pada pengamatan 112 hari. Data nilai kejenuhan basa disajikan pada Tabel 23.

Tabel 22. Hasil analisis nested design Kejenuhan Basa (KB) (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.981
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 22. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel KB tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

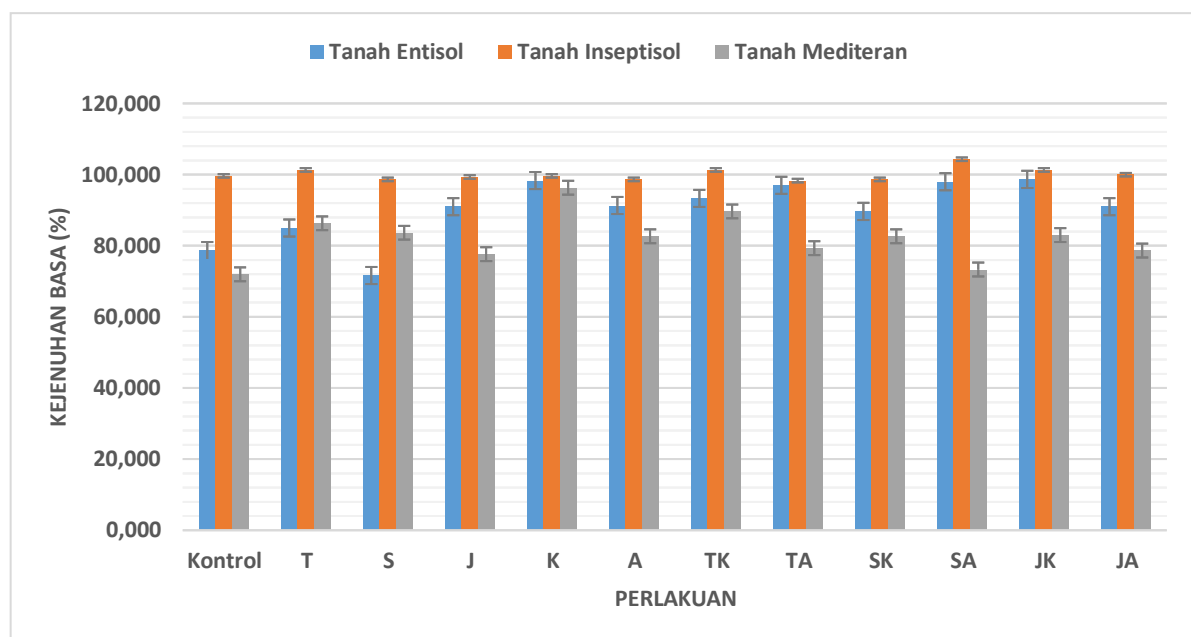
- Tabel 22. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap KB . Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 22. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap KB tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol
- Tabel 22. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KB tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- Tabel 22. menunjukkan nilai sig (0.981) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap KB tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- Tabel 22. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KB tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 23.

Tabel 23. Hasil uji DMRT KB pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	±Stdev	Notasi	Rata-Rata	±Stdev	Notasi	Rata-Rata	±Stdev	Notasi
Kontrol	72,000	4,583	a	78,667	7,767	a	99,667	0,577	a
T	86,333	0,577	bc	85,000	1,528	b	101,333	2,309	a
S	83,667	7,506	ab	71,667	4,726	a	98,667	0,577	a
J	77,667	3,215	ab	91,000	8,718	bc	99,333	1,155	a
K	96,333	2,309	c	98,333	1,528	c	99,667	1,155	a
A	82,667	8,622	ab	91,333	5,686	bc	98,667	3,215	a
TK	89,667	8,505	bc	93,333	3,215	bc	101,333	4,041	a
TA	79,333	6,658	ab	97,000	3,606	bc	98,333	1,155	a
SK	82,667	13,051	ab	89,667	9,018	bc	98,667	1,155	a
SA	73,333	3,055	a	98,000	1,732	c	104,333	8,386	a
JK	83,000	8,544	ab	98,667	1,528	c	101,333	3,215	a
JA	78,667	6,028	ab	91,000	5,568	bc	100,000	1,732	a

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$



Gambar 15. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kejenuhan basa pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.5. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK tanah merupakan faktor utama yang mengatur nutrisi tanah dan karenanya semua faktor yang mempengaruhi KTK akan mempengaruhi nutrisi. KTK tanah Entisol dari penggunaan biochar dan pupuk organik lebih tinggi daripada kontrol, yaitu 10,25 me/100 g (kontrol) dan 10,88 – 13,01 me/100 g (biochar dan pupuk organik). KTK lebih tinggi dari penggunaan biochar dan pupuk organik karena luas permukaan biochar meningkat sehingga kemampuan adsorpsi kation basa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{K}^+$ ) meningkat. KTK tanah Litosol dari penggunaan biochar dan pupuk organik lebih tinggi daripada kontrol, yaitu 35,47 me/100 g (kontrol) dan 36,16 – 40,59 me/100 g (biochar dan pupuk organik). KTK tanah Alfisol dari penggunaan biochar dan pupuk organik lebih tinggi daripada kontrol, yaitu 31,58 me/100 g (kontrol) dan 33,32 – 42,09 me/100 g (biochar dan pupuk organik). Hal ini yang menyebabkan hasil jagung meningkat dengan pemberian biochar dan pupuk organik, sekalipun terdapat variasi jumlah kation basa maupun jumlah basa pada masing-masing jenis tanah. Menurut Gokila dan Baskar. (2015), aplikasi biochar dengan pupuk anorganik dan biofertiliser meningkatkan kesuburan tanah yang ditanami jagung di Alfisol. Aplikasi gabungan dari biochar dengan 100% rekomendasi dosis pupuk dan biofertiliser meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi dan status kesuburan tanah. Dalam studi inkubasi jangka pendek, bahkan tanpa aktivitas mikroba jangka panjang, peningkatan KTK terutama disebabkan permukaan yang luas dari biochar dan oksidasi abiotik dari gugus fungsional (Cheng *et al.*, 2006; Liang *et al.*, 2006).

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 23, sedangkan uji lanjut DMRT disajikan pada Tabel 22.

Tabel 24. Hasil analisis nested design KTK (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.002
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 24. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan

berpengaruh secara signifikan terhadap variabel KTK tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

- Tabel 24. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap KTK .Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
  - Tabel 24. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap KTK tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol
  - Tabel 24. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KTK tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
  - Tabel 24. menunjukkan nilai sig (0.002) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KTK tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
  - Tabel 24. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap KTK tanah.
- Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 25.

Tabel 25. Hasil uji DMRT KTK pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	31,383	0,521	a	11,860	0,453	a	35,797	0,529	a
T	37,477	0,159	cd	14,912	2,861	b	38,020	1,153	ab
S	34,553	0,979	b	17,117	1,203	c	39,683	1,548	bc
J	34,360	0,855	b	12,127	0,701	ab	37,423	0,298	ab
K	33,423	0,849	ab	12,553	0,268	b	40,953	2,000	c
A	35,420	2,392	bc	12,383	0,501	ab	39,163	2,036	bc
TK	33,527	1,270	ab	11,917	0,270	ab	38,847	2,170	bc
TA	34,977	0,868	bc	11,903	0,211	ab	38,513	0,688	bc
SK	38,363	0,758	c	13,363	1,184	b	39,343	0,132	bc
SA	37,387	3,174	cd	11,390	0,501	ab	37,997	1,937	ab
JK	34,657	0,140	b	11,400	0,492	ab	37,887	0,475	ab
JA	42,190	1,667	d	11,837	0,240	ab	37,823	0,889	ab

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

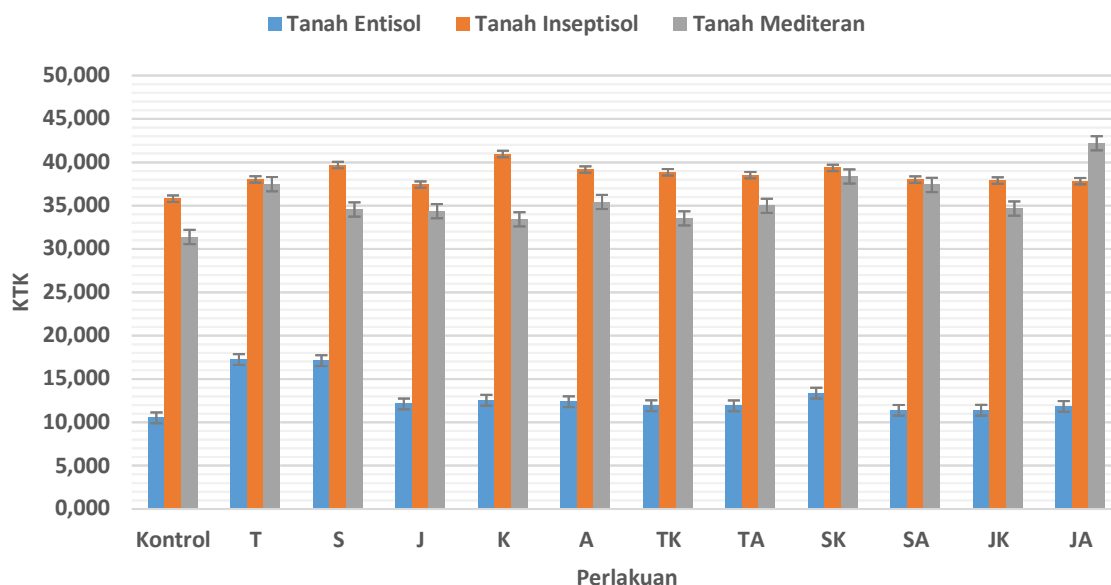
\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Aplikasi biochar jengkok-pupuk kandang pada tanah Alfisol menunjukkan kapasitas tukar kation tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Untuk jenis tanah Entisol



biochar sekam padi memiliki nilai KTK yang tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Sedangkan, pada tanah Litosol perlakuan kompos menunjukkan KTK tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel. 25).

Pada akhir pengamatan, aplikasi biochar jengkok-pupuk kandang secara bersama lebih baik daripada penggunaan secara tunggal pada Alfisol, seperti pH tanah, bahan organik tanah, jumlah basa, kapasitas tukar kation, dan kadar N total.



Gambar 16. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap KTK pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.6. Kadar N

Nitrogen merupakan suatu hara esensial dan berperan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya jagung. Pada tanah-tanah pertanian yang bukan ditanami legum maka Nitrogen menjadi hara pembatas utama. Demikian yang terjadi pada tanah yang digunakan pada penelitian ini. Kadar N dari ketiga jenis tanah termasuk rendah, yaitu 0,07% (Entisol); 0,1 (Alfisol); dan 0,17 (Litosol). Regosol termasuk ordo Entisol merupakan tanah yang masih sangat muda yaitu baru tingkat permulaan dalam perkembangan. Litosol termasuk dalam ordo Entisol, sama dengan tanah Regosol. Reaksi kimia dalam tanah berlangsung sangat lambat dan cenderung miskin hara. Litosol merupakan tanah muda yang berasal dari pelapukan batuan serta miskin unsur hara sehingga bukan tanah yang subur. Tanah yang termasuk ordo Alfisol merupakan hasil pelapukan batuan kapur dan batuan sedimen. Disebut juga dengan tanah kapur karena terbentuk dari bebatuan kapur yang telah lapuk dan hancur

yang memiliki unsur hara dalam jumlah yang sedikit sehingga tanah jenis ini tidak subur dan sangat mudah dilalui air.

Pemberian biochar dan pupuk organik secara bersama maupun tunggal merupakan upaya pasokan N ke dalam tanah karena tanaman jagung adalah konsumen N utama dan mengasimilasi sejumlah 30-70% dari pupuk yang diberikan. Mengingat tanaman jagung menghasilkan banyak bahan kering yang umumnya membutuhkan lebih banyak N. Produksi bahan kering tanaman jagung merupakan aspek penting untuk menentukan kebutuhan N bagi tanaman.

Pasokan N yang rendah dari tanah yang digunakan pada penelitian ini telah meningkat dengan pemberian biochar dan pupuk organik. Hal ini terlihat dari hasil inkubasi tanah dan bahan organik yang ditambahkan setelah 7 hari (Tabel 27). Hasil uji N total tanah setelah 7 hari inkubasi menunjukkan taksiran mineralisasi dengan menentukan besarnya cadangan N organik. Penambahan bahan organik segar (kompos dan pupuk organik) menyediakan proporsi N cepat tersedia yang lebih besar daripada senyawa-senyawa N tanah yang lebih stabil. Kadar N total tanah meningkat lebih banyak ketika biochar dicampur pupuk organik daripada diberikan sendiri-sendiri. Kadar N total meningkat setelah inkubasi 7 hari pada tanah Alfisol, yaitu dari 1,78% (T) menjadi 0,21% (TK) dan 0,24% (TA); dari 0,17% (S) menjadi 0,28% (SK) dan 0,22% (SA); dari 0,19% (J) menjadi 0,33% (JK) dan 0,32% (JA). Namun demikian berbeda pada tanah Litosol yang menunjukkan kadar N total yang tidak berbeda pada semua perlakuan yang ditambahkan, meskipun ada peningkatan kadar N total dari 0,11% (kontrol) menjadi 0,15-0,19% (biochar dan pupuk organik). Pemberian perlakuan pada tanah Entisol menghasilkan kadar N total yang relatif sama dengan kontrol (0,03%) kecuali perlakuan biochar jengkok (0,08%) setelah inkubasi 7 hari. Hasil kadar N total setelah inkubasi 7 hari di ketiga jenis tanah menunjukkan bahwa setiap jenis tanah memberikan tanggapan awal yang berbeda terhadap masukan organik. Hal ini penting sebagai informasi awal terhadap ketersediaan N total yang diperlukan untuk mengawali pertumbuhan tanaman.

Tanggapan tanah dengan pemberian biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada 60 dan 112 hari setelah tanam menunjukkan hasil yang berbeda dengan awal tanam. Pada saat 60 HST, kadar N total tanah cenderung tidak ada perubahan antara yang diberi dan tidak diberi masukan organik pada ketiga jenis tanah, kecuali pada tanah Entisol. Pemberian pupuk kandang meningkatkan kadar N total pada Entisol dari 0,07-0,11% (semua perlakuan) menjadi 0,40% (A). Pengamatan saat panen menunjukkan bahwa kadar N total

pada ketiga jenis tanah kembali meningkat dengan masukan organik. Ketiga jenis tanah memberi respon yang berbeda terhadap masukan organik. Kadar N total tanah Alfisol dan Litosol tertinggi dari aplikasi kompos (K) yang tidak berbeda dengan perlakuan biochar-pupuk (JA). Berbeda dengan tanah Entisol yang memiliki kadar N total tertinggi dari pemberian biochar jengkok (J). Setiap jenis tanah mempunyai tanggapan yang berbeda terhadap kadar N total setelah diberi biochar-pupuk organik.

Tanggapan tanaman terhadap dinamika kadar N total tanah ditunjukkan dari variabel tinggi tanaman, biomasa kering tanaman, dan hasil jagung. Tinggi tanaman jagung pada 60 HST lebih tinggi dengan menggunakan biochar-pupuk organik secara bersama-sama daripada penggunaan secara mandiri. Pemanfaatan biochar dan pupuk organik pada ketiga jenis tanah juga meningkatkan biomasa kering tanaman dan hasil jagung dibanding kontrol.

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 26, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 27.

Tabel 26. Hasil analisis nested design kadar N pada 7 hari

Sumber Keragaman	kadar N
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.098
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.013

Tabel 26. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel kadar N tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

- Tabel 26. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar N tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 26. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- Tabel 26. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah

Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

- d. Tabel 26. menunjukkan nilai sig (0.098) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar N Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- e. Tabel 26. menunjukkan nilai sig (0.013) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, Biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 27.

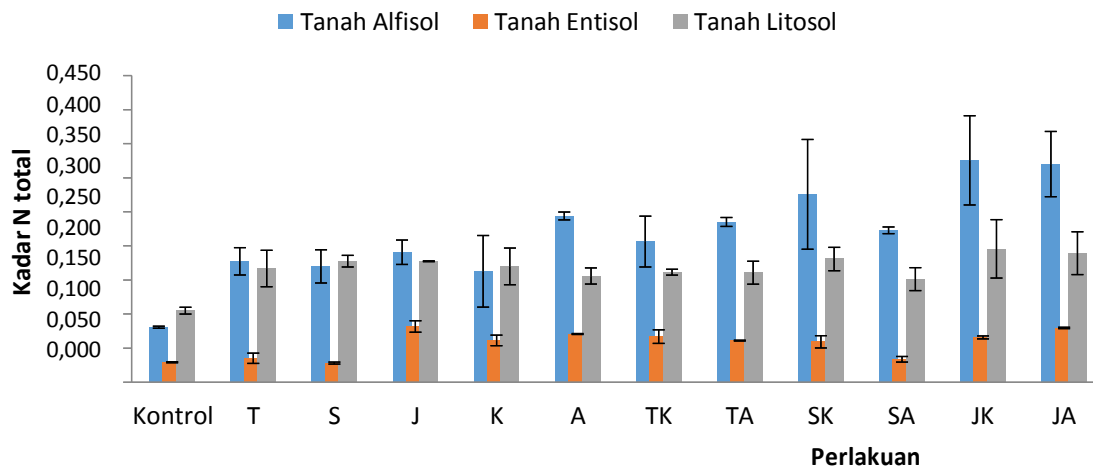
Tabel 27. Hasil uji DMRT kadar N pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	0.081	$\pm 0.001$	a	0.029	$\pm 0.001$	a	0.105	$\pm 0.005$	a
T	0.177	$\pm 0.020$	d	0.035	$\pm 0.008$	a	0.167	$\pm 0.027$	b
S	0.170	$\pm 0.024$	c	0.028	$\pm 0.001$	a	0.177	$\pm 0.009$	b
J	0.191	$\pm 0.018$	e	0.082	$\pm 0.008$	b	0.177	$\pm 0.001$	b
K	0.163	$\pm 0.053$	b	0.061	$\pm 0.008$	ab	0.170	$\pm 0.027$	b
A	0.244	$\pm 0.006$	ef	0.071	$\pm 0.001$	ab	0.156	$\pm 0.012$	b
TK	0.206	$\pm 0.037$	e	0.067	$\pm 0.010$	ab	0.161	$\pm 0.004$	b
TA	0.235	$\pm 0.006$	ef	0.061	$\pm 0.001$	ab	0.161	$\pm 0.017$	b
SK	0.276	$\pm 0.081$	f	0.059	$\pm 0.009$	ab	0.181	$\pm 0.017$	b
SA	0.223	$\pm 0.005$	e	0.034	$\pm 0.004$	a	0.151	$\pm 0.017$	b
JK	0.326	$\pm 0.066$	g	0.066	$\pm 0.002$	ab	0.196	$\pm 0.043$	b
JA	0.320	$\pm 0.048$	g	0.080	$\pm 0.001$	ab	0.189	$\pm 0.031$	b

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

Hasil pengamatan kadar nitrogen pada masing-masing jenis tanah pada 7 hari menunjukkan bahwa aplikasi biochar sekam-kompos (SK) merupakan perlakuan terbaik pada tanah Alfisol. Jenis biochar dan pupuk organik yang ditambahkan pada tanah Alfisol dapat meningkatkan kadar N total pada 7 hari inkubasi. Kadar N total dari aplikasi kombinasi biochar dan pupuk organik secara bersama lebih tinggi daripada aplikasi tunggal masing-masing organik pada Alfisol. Namun pemberian biochar jengkok tembakau pada tanah Entisol menunjukkan kadar N total tertinggi pada 7 hari inkubasi. Sementara itu kadar N total tidak berbeda nyata dari aplikasi biochar maupun pupuk organik pada berbagai jenis pada tanah Litosol. Pada Tabel 27 juga ditunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk organik dapat meningkatkan kadar N total pada tanah Litosol pada 7 hari inkubasi.



Gambar 17. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Setiap jenis biochar dan pupuk organik meningkatkan kadar N total pada Alfisol (60 HST). Kadar N total tertinggi dari penggunaan kompos tunggal (0,27%) maupun yang dikombinasi dengan biochar jengkok (0,28%) pada Alfisol. Kadar N total dari penggunaan biochar sekam terendah (0,17%) pada Alfisol (60 HST). N total tertinggi (0,4%) dari aplikasi pupuk kandang sedang perlakuan lainnya berkisar 0,08 – 0,13% pada Entisol (60 HST). Setiap jenis biochar dan pupuk organik meningkatkan kadar N total pada Litosol, dari 0,14% menjadi 0,17 – 0,24% (60 HST). Kadar N total tertinggi dari penggunaan kompos tunggal (0,24%) maupun yang dikombinasi dengan biochar jengkok (0,24%). Kadar N total dari penggunaan biochar sekam kombinasi pupuk kandang terendah (0,17%) pada Litosol (60 HST).

Tabel 28. Hasil analisis nested design kadar N pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar N
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.257
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.856
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.005

Tabel 28. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N.

## Jenis Tanah

- Tabel 28. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar N. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah
- Tabel 28. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol
- Tabel 28. menunjukkan nilai sig (0.257) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar N Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol
- Tabel 28. menunjukkan nilai sig (0.856) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar N Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol
- Tabel 28. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar N. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 29.

Tabel 29. Hasil uji DMRT kadar N pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

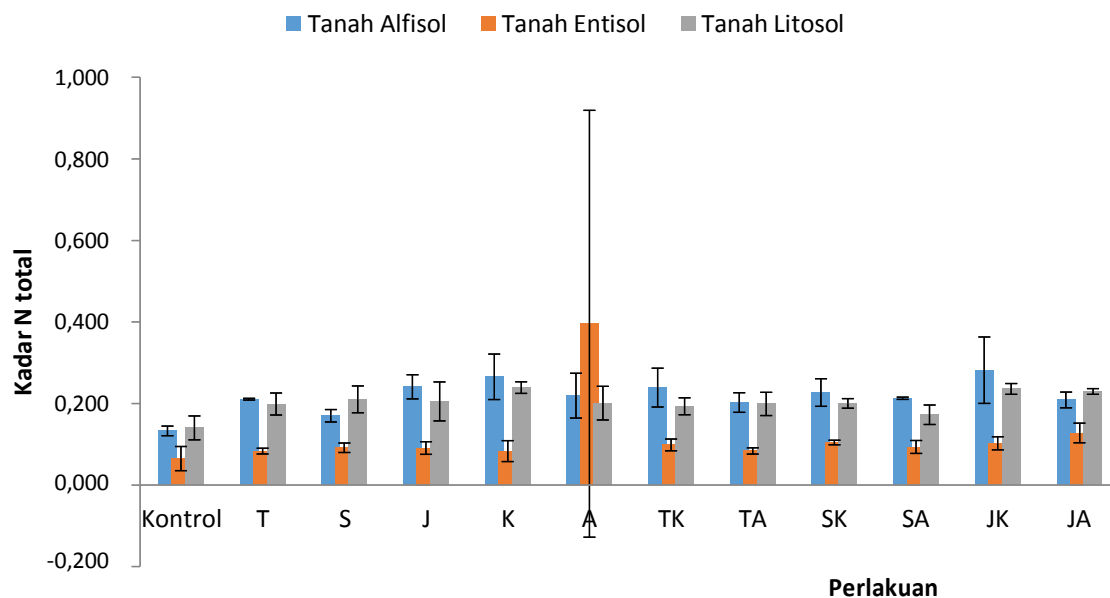
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	0.133	0.012	a	0.065	0.030	a	0.140	0.029	a
T	0.211	0.002	a	0.083	0.007	a	0.199	0.027	a
S	0.170	0.015	a	0.092	0.012	a	0.210	0.033	a
J	0.241	0.030	a	0.091	0.015	a	0.205	0.048	a
K	0.266	0.056	a	0.083	0.026	a	0.239	0.014	a
A	0.219	0.055	a	0.396	0.524	b	0.201	0.041	a
TK	0.239	0.048	a	0.099	0.014	a	0.193	0.021	a
TA	0.202	0.024	a	0.084	0.008	a	0.199	0.029	a
SK	0.227	0.034	a	0.104	0.006	a	0.200	0.012	a
SA	0.213	0.003	a	0.094	0.016	a	0.173	0.024	a
JK	0.282	0.082	a	0.103	0.016	a	0.236	0.013	a
JA	0.209	0.019	a	0.128	0.024	a	0.230	0.007	a

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Pada Tabel 29 menunjukkan bahwa Kadar Nitrogen pada jenis tanah Alfisol dan Litosol (60 hari) tidak dipengaruhi oleh perlakuan biochar tunggal, pupuk organik tunggal dan kombinasi biochar beserta pupuk organik. Sedangkan pada tanah Entisol perlakuan

pupuk organik kandang kotoran ayam berpengaruh nyata terhadap kadar nitrogen (60 hari) dibandingkan dengan perlakuan biochar tongkol jagung, biochar sekam padi, biochar jengkok tembakau, kompos, biochar tongkol-kompos, biochar tongkol- pupuk kandang kotoran ayam, biochar sekam padi- kompos, biochar sekam padi- pupuk kandang kotoran ayam, biochar jengkok tembakau-kompos dan biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam.



Gambar 18. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 30. Hasil analisis nested design kadar N total (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.223
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 30. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel N total tanah setelah inkubasi.

## Jenis Tanah

Tabel 30. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap N total .

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 30. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap N total tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 30. menunjukkan nilai sig (0.223) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap N total tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 30. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap N total tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 30. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap N total tanah.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 31.

Tabel 31. Hasil uji DMRT N total pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

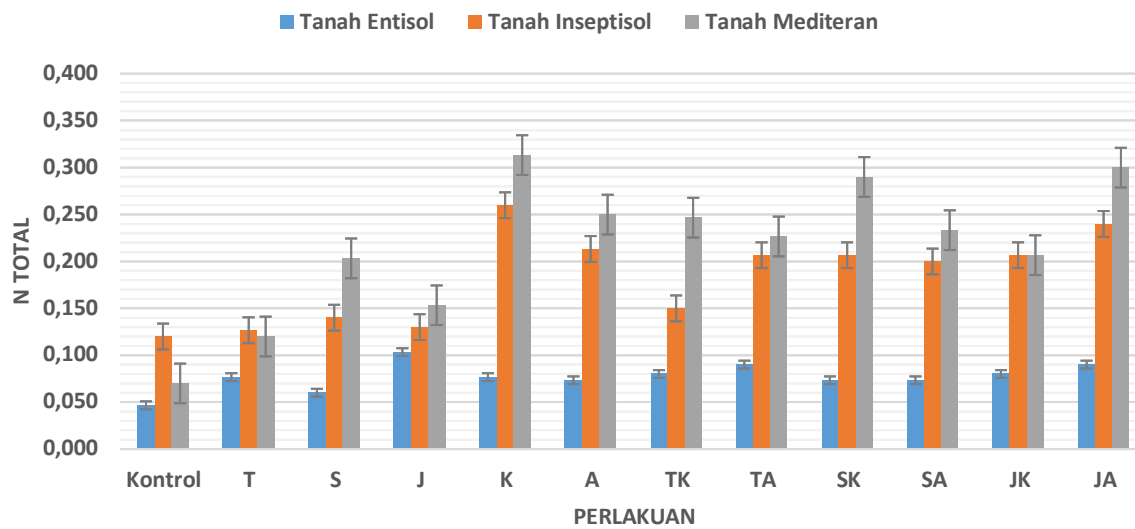
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	0,070	0,010	b	0,047	0,006	a	0,120	0,000	a
T	0,120	0,010	a	0,077	0,006	bc	0,127	0,006	ab
S	0,203	0,031	b	0,060	0,000	ab	0,140	0,000	ab
J	0,153	0,006	a	0,103	0,006	d	0,130	0,026	ab
K	0,313	0,035	d	0,077	0,006	bc	0,260	0,010	d
A	0,250	0,056	bc	0,073	0,015	bc	0,213	0,006	c
TK	0,247	0,025	bc	0,080	0,010	bcd	0,150	0,036	b
TA	0,227	0,031	b	0,090	0,010	cd	0,207	0,015	c
SK	0,290	0,036	cd	0,073	0,012	bc	0,207	0,015	c
SA	0,233	0,015	b	0,073	0,015	bc	0,200	0,010	c
JK	0,207	0,025	b	0,080	0,020	bcd	0,207	0,006	c
JA	0,300	0,017	d	0,090	0,026	cd	0,240	0,010	d

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah. \*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Pada tabel 31 dapat dilihat bahwa kadar N total pada tanah jenis Alfisol dan Litosol menunjukkan hasil yang sama yaitu perlakuan biochar jengkok-pupuk kandang (JA) tidak berbeda dengan aplikasi kompos (K). Pada tanah Entisol biochar jengkok tembakau



memiliki nilai kadar N total tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan Biochar tongkol-pupuk kandang kotoran ayam dan biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam.



Gambar 19. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.7. Kadar P

Tanaman menyerap P selama siklus hidup pertumbuhan tanaman. Tanaman menyerap sebagian besar P dari larutan tanah sebagai ion ortofosfat primer ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) atau sekunder ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Ion ortofosfat primer lebih mudah diserap daripada sekunder. Tanaman menyerap 50% dari permintaan total musiman pada waktu tanaman telah mengakumulasi 25% dari bahan kering musiman total. Tanggapan awal musim terhadap pemupukan P yang umum ditunjukkan oleh tanaman dijelaskan oleh pola penyerapan P. Fosfor bersifat mobil dalam tanaman dan bergerak dari jaringan yang lebih tua ke yang muda jika timbul defisiensi. Semakin dewasa tanaman akan banyak dari P yang ditranslokasikan dari bagian vegetatif ke dalam biji dan buah.

Nutrisi P secara umum tidak berpengaruh pada kualitas produk biji kecuali jika P ekstrem kahat. Aerasi tanah mempengaruhi keadaan oksidatif senyawa-senyawa anorganik, dekomposisi bahan organik dan pelepasan P dan juga proses metabolik yang kompleks yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman. Aerasi mempunyai pengaruh yang jelas terhadap ketersediaan dan penyerapan P. Pemadatan dan struktur tanah mempengaruhi hubungan P secara tidak langsung melalui pengaruhnya pada aerasi. Meningkatnya pemadatan dapat secara fisik menghambat penetrasi akar yang menyebabkan P menjadi tidak tersedia karena posisinya.

Fosfor relatif tidak bergerak dalam sebagian besar tanah dan tidak bergerak dari titik aplikasi. P terlarut jarang bergerak lebih dari 2 atau 3 cm dari suatu granul pupuk sebelum reaksi dengan komponen tanah pada dasarnya menghentikan pergerakan lebih lanjut. Pergerakan P yang terbatas menunjukkan perlunya pada awalnya menempatkan pupuk P pada posisi yang tepat agar keefektifannya maksimum. Semakin dekat pemberian hara ke saat penggunaannya oleh tanaman akan semakin besar efisiensi serapan.

Sebagaimana hasil kadar N total pada tanah Alfisol pada 7 hari setelah inkubasi, demikian pula yang terjadi pada kadar P tersedia pada tanah Alfisol. Pemberian campuran biochar dengan pupuk organik menghasilkan kadar P tersedia yang lebih tinggi daripada pemberian secara mandiri. Aplikasi secara kombinasi lebih menguntungkan daripada secara tunggal untuk kadar P tersedia (7 dan 112 hst) pada tanah Alfisol dan Litosol. Namun khususnya kadar N total tanah hanya pada 7 hst. Besarnya kadar P tersedia dari perlakuan penambahan biochar maupun pupuk organik secara tunggal berkisar pada 43,8 – 50,2 (ketiga jenis biochar), 68 (kompos), dan 125 (pupuk kandang). Akan tetapi kadar P tersedia meningkat dengan penambahan secara kombinasi biochar dan pupuk organik, yaitu 58 – 62

(ketiga jenis biochar+kompos) dan 109 – 130 (ketiga jenis biochar+pupuk kandang) pada tanah Alfisol setelah 7 hari inkubasi. Kadar P tersedia tertinggi pada Entisol dan Litosol dari perlakuan penambahan biochar tongkl jagung+pupuk kandang (TA).

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 31, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 31.

Tabel 32. Hasil analisis nested design kadar P pada 7 hari

Sumber Keragaman	kadar P Bray
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 32. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respons yang diteliti.

### Jenis Tanah

Tabel 32. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar P.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 32. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 32. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, Biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 32. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, Biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 32. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, Biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 33.

Tabel 33. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	7.057	0.423	a	10.700	0.790	a	6.975	2.415	a
T	43.762	8.881	b	28.458	8.594	ab	49.294	19.900	cd
S	46.829	12.269	bc	15.925	0.372	a	40.475	12.033	bcd
J	50.234	7.659	bcd	23.748	2.505	ab	48.133	12.484	cd
K	67.950	14.311	d	21.582	1.257	a	49.013	10.019	cd
A	124.911	14.411	ef	93.010	8.604	d	49.210	0.969	cd
TK	62.153	20.503	cd	24.254	4.432	ab	27.483	8.772	b
TA	114.114	13.716	ef	71.618	11.076	c	56.275	15.516	d
SK	57.935	12.580	bcd	27.489	2.316	ab	36.111	6.027	b
SA	130.896	2.026	f	39.667	2.376	b	45.565	2.935	bcd
JK	69.154	14.562	d	34.141	5.099	b	43.597	0.737	bcd
JA	109.430	21.670	e	81.063	1.947	cd	49.943	10.937	cd

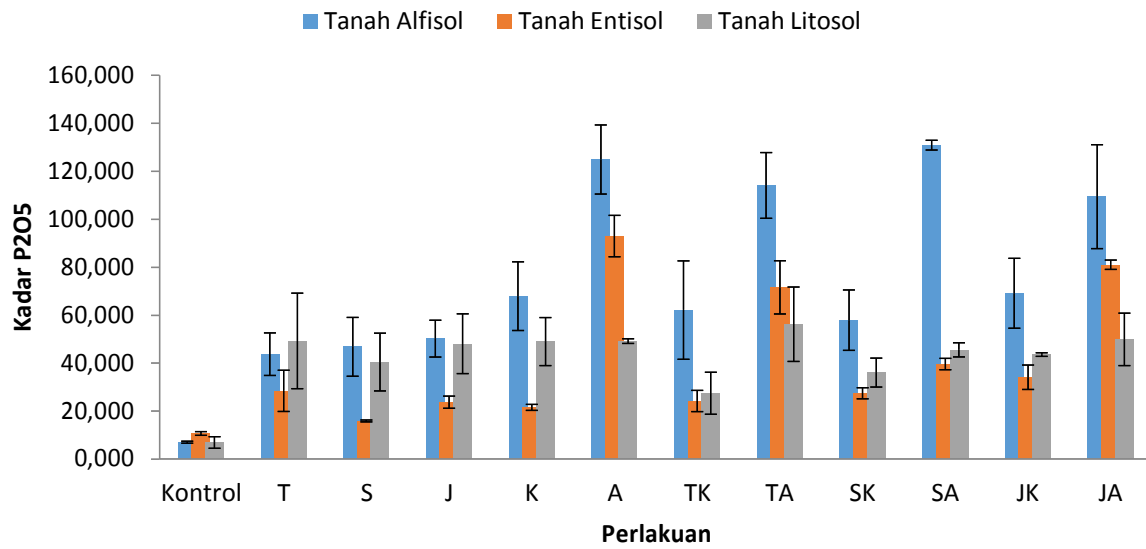
\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

Kadar P tertinggi pada masing-masing jenis tanah menunjukkan variasi terhadap aplikasi biochar maupun pupuk organik. Tabel 30 menunjukkan bahwa aplikasi tanpa biochar maupun pupuk organik (kontrol) menunjukkan kadar P terendah pada Alfisol dan Litosol (7 hari). Kadar P tertinggi pada perlakuan JA (Alfisol), TA (Litosol), dan A (Entisol).

Fosfor merupakan nutrisi tanaman penting kedua setelah nitrogen. Kandungan hara dari biochar mencerminkan kandungan hara dari bahan baku. Biochar berasal dari pupuk kandang atau tulang relatif tinggi nutrisi, terutama fosfor. Biochar dan pupuk organik meningkatkan kadar P tanah Alfisol. Kadar P tanah lebih tinggi dari penggunaan biochar kombinasi pupuk organik daripada penggunaan secara tunggal pada Alfisol. Kadar P tanah Alfisol tinggi dengan penerapan pupuk kandang secara tunggal maupun yang dikombinasi biochar yang digunakan pada penelitian ini. Penggunaan pupuk kandang tunggal maupun yang dikombinasi biochar jengkok menunjukkan kadar P lebih dari 40 mg kg<sup>-1</sup> dan pupuk kandang kombinasi biochar tongkol sebesar 35 mg kg<sup>-1</sup>. Kadar P dari biochar tongkol dan jengkok, memiliki kadar P sebesar 37 mg kg<sup>-1</sup> sedangkan biochar sekam 15 mg kg<sup>-1</sup>. Kompos yang digunakan tunggal maupun yang dikombinasi biochar tongkol maupun biochar jengkok memiliki kadar P rata-rata yang lebih baik (30 dan 36 mg kg<sup>-1</sup>). Biochar sekam kombinasi pupuk kandang ataupun kompos memiliki kadar P yang lebih rendah. Kadar P tanah lebih baik dengan penerapan biochar tongkol kombinasi pupuk kandang dibanding tunggal, masing-masing 32,6 mg kg<sup>-1</sup> (TA); 13,79 mg kg<sup>-1</sup> (T); dan 11,89 mg kg<sup>-1</sup> (A) pada

Litosol (60 HST) (Tabel 35).



Gambar 20. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 34. Hasil analisis nested design kadar P pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar P
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.001
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 34. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai  $\text{sig} < \alpha (=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P.

### Jenis Tanah

Tabel 34. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar P.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 34. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 34. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.001) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 34. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

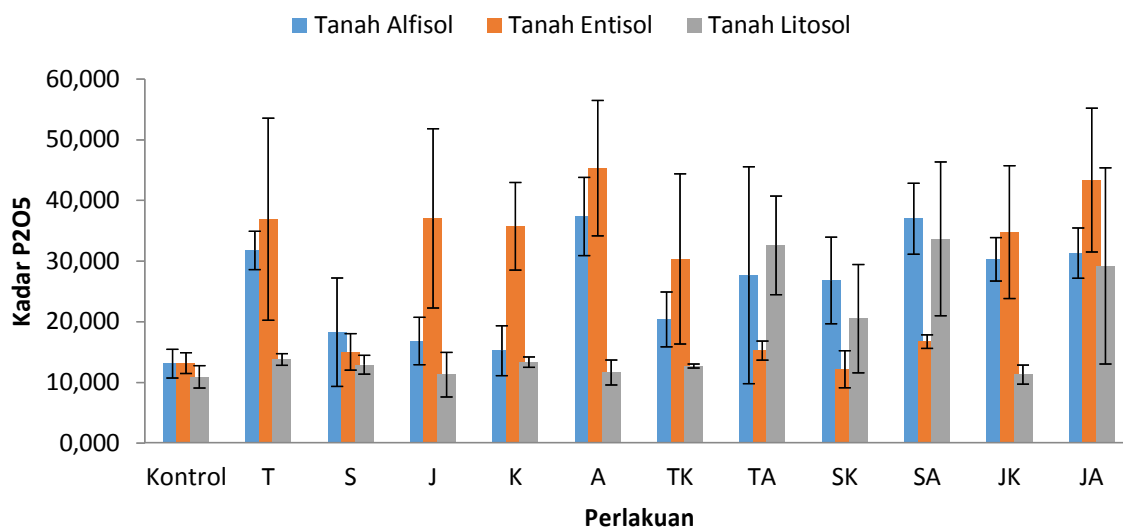
Tabel 34. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, Biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar P. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 35.

Tabel 35. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	13.092	2.367	a	13.199	1.718	a	10.924	1.845	a
T	31.758	3.144	bc	36.911	16.649	b	13.787	0.975	a
S	18.282	8.943	ab	15.041	3.016	a	12.922	1.542	a
J	16.828	3.902	ab	37.052	14.769	b	11.285	3.667	a
K	15.241	4.107	ab	35.737	7.223	b	13.353	0.856	a
A	37.347	6.441	c	45.326	11.156	b	11.650	2.061	a
TK	20.398	4.514	ab	30.360	14.020	b	12.714	0.328	a
TA	27.680	17.873	abc	15.242	1.570	a	32.595	8.123	b
SK	26.812	7.123	abc	12.193	3.053	a	20.512	8.922	ab
SA	36.974	5.853	c	16.727	1.122	a	33.669	12.674	b
JK	30.295	3.592	bc	34.790	10.945	b	11.291	1.573	a
JA	31.325	4.144	bc	43.346	11.849	b	29.210	16.165	b

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$



Gambar 21. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 36. Hasil analisis nested design kadar P (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 36. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai  $\text{sig} < \alpha (=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel P.Bray1 tanah setelah inkubasi.

#### Jenis Tanah

Tabel 36. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap P.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 36. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1 tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 36. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1 tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 36. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P.Bray1 tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 36. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap P Bray1.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 37.



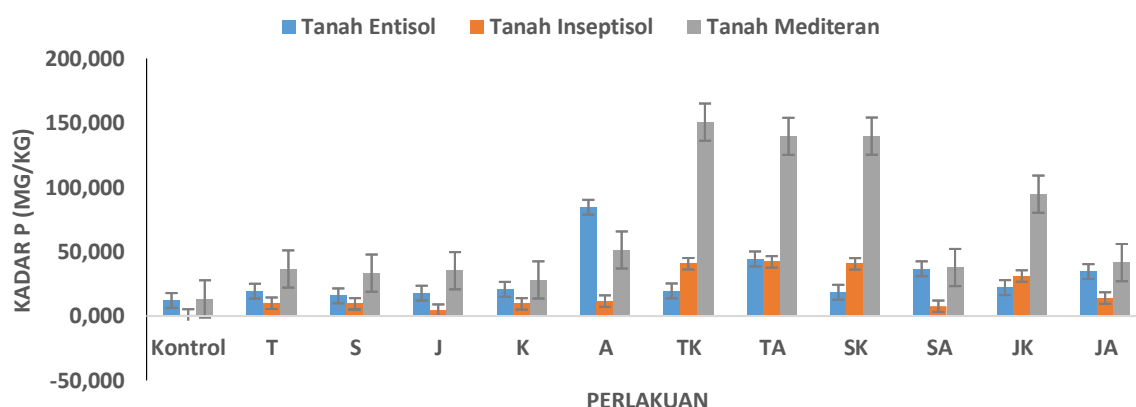
Tabel 37. Hasil uji DMRT kadar P pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	13,367	1,367	a	12,120	0,435	a	0,907	0,067	a
T	36,590	1,646	cd	19,320	1,157	a	9,937	0,360	de
S	33,307	0,749	c	15,680	3,436	a	9,433	0,531	cd
J	35,197	1,663	c	17,797	0,461	a	4,627	0,455	b
K	28,033	1,816	b	20,747	1,074	a	9,453	1,022	cd
A	51,320	1,414	f	84,523	2,328	c	11,617	1,203	e
TK	150,670	5,789	i	19,580	1,100	a	40,680	1,287	h
TA	139,600	1,343	h	44,403	1,398	b	42,127	0,021	h
SK	139,763	1,109	h	18,467	0,770	a	40,523	0,449	h
SA	37,653	0,136	d	36,780	15,919	b	7,647	0,915	c
JK	94,667	0,188	g	22,123	3,001	a	31,067	2,666	g
JA	41,523	3,037	e	34,563	13,319	b	14,043	1,531	f

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha=5\%$

Pada akhir pengamatan, pemberian biochar dan pupuk organik secara kombinasi dan tunggal dapat meningkatkan kadar P pada tanah Alfisol dan Litosol (Tabel 37). Kadar P tertinggi pada tanah Alfisol dari aplikasi biochar tongkol-kompos (TK). Pemberian biochar yang dikombinasi dengan pupuk organik menunjukkan kadar P yang lebih tinggi daripada pemberian secara tunggal pada tanah Alfisol. Hal yang sama juga ditunjukkan bahwa kadar P yang terbaik pada tanah Litosol diperoleh ketika biochar dan pupuk organik digunakan secara bersama pada 112 hari. Tidak demikian yang terjadi pada tanah Entisol yang menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang menghasilkan kadar P tertinggi.



Gambar 22. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar P tersedia pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.8. Kadar K

Penggunaan pupuk K pada tanaman memberikan tambahan terhadap pasokan dari tanah. Jumlah yang diperlukan tergantung pada bentuk-bentuk yang ada di dalam tanah, jumlah masing-masing bentuk, laju pasokan ke akar tanaman, reaksi K yang ditambahkan dengan tanah, dan faktor lingkungan dan tanaman yang mempengaruhi pemanfaatan pupuk K.

Kalium harus dapat tersedia menurut posisi pada permukaan akar dan juga dalam bentuk dapat tersedia sebagai  $K^+$  dalam larutan sebelum diserap ke dalam akar melalui mekanisme serapan yang dikendalikan secara metabolik. Dalam sebagian besar tanah, K harus bergerak ke akar sebelum diserap. Mekanisme pemasokan ke akar melalui aliran massa dan difusi. Aliran massa merupakan transportasi K dalam aliran konvektif air ke akar yang dihasilkan oleh penyerapan dan transpirasi air oleh tanaman. Jumlah yang diangkut melalui aliran massa tergantung pada jumlah air yang digunakan oleh tanaman dan kandungan K dalam air yang mengalir melalui tanah ke akar.

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 35, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 36.

Tabel 38. Hasil analisis nested design kadar K pada 7 hari

Sumber Keragaman	Kadar K
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 38 menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai  $\text{sig} < \alpha (=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel kadar K.

#### Jenis Tanah

Tabel 38. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar K.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 38. menunjukkan nilai  $\text{sig} (0.000) < \alpha (=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 38. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 38. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 38. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 39.

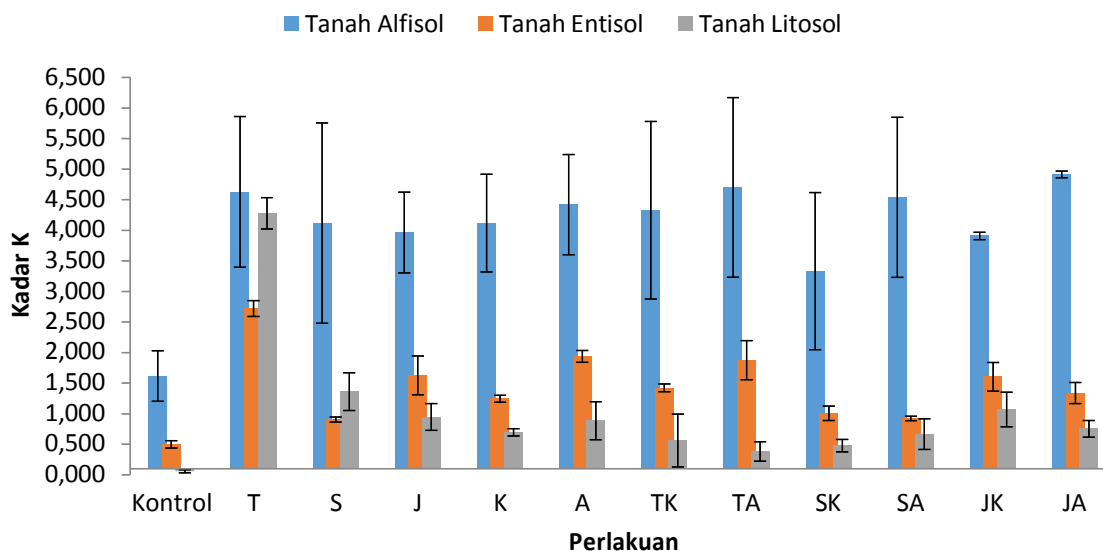
Tabel 39. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	1.616	0.413	a	0.500	0.060	a	0.058	0.025	a
T	4.628	1.232	b	2.719	0.130	c	4.278	0.256	c
S	4.117	1.638	bc	0.904	0.042	ab	1.361	0.308	b
J	3.964	0.660	bc	1.626	0.317	abc	0.946	0.219	ab
K	4.117	0.798	bc	1.244	0.057	ab	0.696	0.061	ab
A	4.419	0.819	bc	1.937	0.097	bc	0.885	0.311	ab
TK	4.328	1.452	bc	1.423	0.063	ab	0.561	0.432	ab
TA	4.701	1.470	bc	1.876	0.320	bc	0.383	0.159	ab
SK	3.332	1.286	c	1.006	0.117	ab	0.478	0.101	ab
SA	4.539	1.308	c	0.923	0.037	ab	0.665	0.251	ab
JK	3.907	0.060	c	1.604	0.234	abc	1.069	0.282	ab
JA	4.914	0.054	c	1.338	0.173	ab	0.752	0.136	ab

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Respon kadar K pada masing-masing jenis tanah (7 hari) menunjukkan adanya perbedaan diantara ketiga jenis tanah. Pada tanah Alfisol, perlakuan biochar sekam padi-kompos, biochar sekam padi-pupuk kandang, biochar jengkok tembakau-kompos dan biochar jengkok-pupuk kandang merupakan perlakuan terbaik dan berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung. Penggunaan biochar tongkol jagung menghasilkan kadar K tertinggi pada tanah Entisol (2,72 ppm) dan tanah Litosol (4.28 ppm).



Gambar 23. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 40. Hasil analisis nested design kadar K pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar K
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.307
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.249

Tabel 40. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respons yang diteliti.

#### Jenis Tanah

Tabel 40. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar K.

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 40. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 40. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar K

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 40. menunjukkan nilai sig (0.307) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar K

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 40. menunjukkan nilai sig (0.249) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar K. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 41.

Tabel 41. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

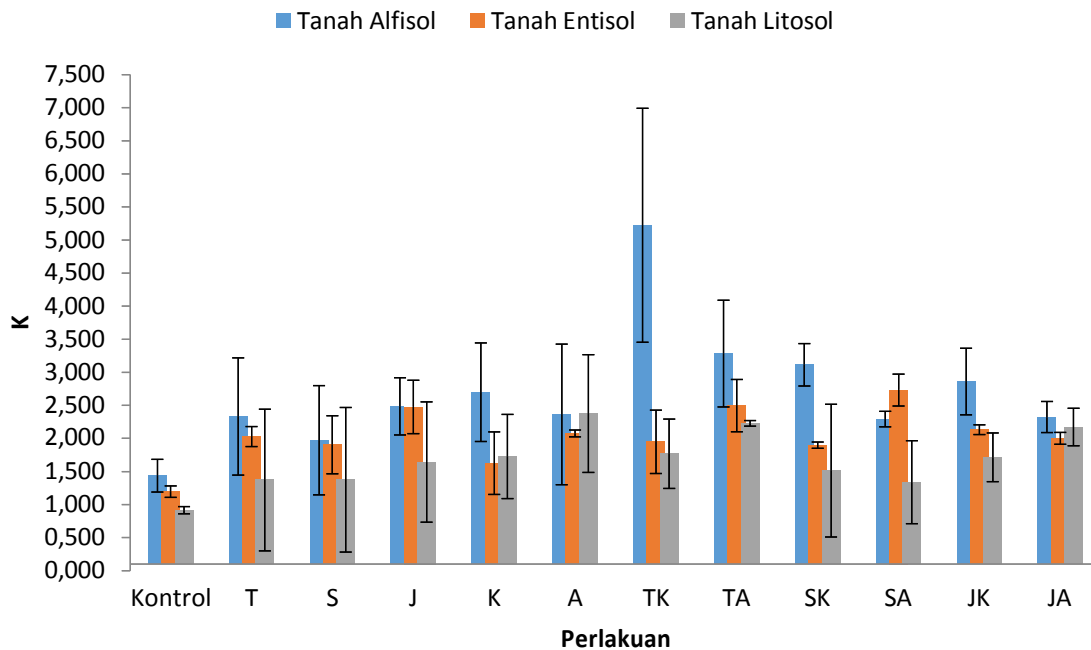
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	1.436	0.247	a	1.196	0.087	a	0.916	0.055	a
T	2.333	0.886	ab	2.029	0.151	ab	1.371	1.071	ab
S	1.974	0.826	ab	1.905	0.438	ab	1.375	1.094	ab
J	2.486	0.432	ab	2.476	0.403	b	1.643	0.909	ab
K	2.699	0.745	b	1.627	0.473	ab	1.727	0.636	ab
A	2.363	1.063	ab	2.075	0.052	ab	2.376	0.891	b
TK	5.223	1.769	c	1.950	0.479	ab	1.768	0.525	ab
TA	3.283	0.807	b	2.496	0.396	b	2.229	0.042	b
SK	3.113	0.320	b	1.899	0.047	ab	1.514	1.003	ab
SA	2.292	0.117	ab	2.731	0.241	b	1.339	0.627	ab
JK	2.860	0.503	b	2.133	0.073	ab	1.715	0.369	ab
JA	2.324	0.235	ab	2.002	0.090	ab	2.173	0.283	b

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Tabel 41 menjelaskan hasil analisa dari kadar K pada masing-masing jenis tanah (60 hari) dimana semakin tinggi nilai kadar K pada tanah maka akan ditunjang dengan perbaikan sifat kimia tanah. Pada tanah Alfisol kadar K tertinggi senilai 5.22 ppm yaitu pada perlakuan biochar tongkol-kompos, hal ini berbeda nyata dengan perlakuan kompos, biochar tongkol-pupuk kandang, biochar sekam padi- kompos dan biochar jengkok tembakau-kompos. Pada tanah Entisol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan biochar jengkok tembakau (2.47 ppm) , biochar tongkol- pupuk kandang (2.56 ppm) dan biochar sekam padi- pupuk kandang (2.73 ppm) perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar tongkol jagung, biochar sekam padi, kompos, Pupuk organik kandang kotoran ayam, Biochar tongkol-kompos, Biochar sekam padi- kompos, Biochar jengkok tembakau-kompos dan Biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam. Tanah ketiga yaitu Litosol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan

Pupuk organik kandang kotoran ayam (2.38 ppm), Biochar tongkol- pupuk kandang kotoran ayam (2.23 ppm) dan Biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam (2.18 ppm) ketiga perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Biochar tongkol jagung, Biochar sekam padi, Biochar jengkok tembakau, kompos, Biochar tongkol-kompos, Biochar sekam padi- kompos, Biochar sekam padi- pupuk kandang kotoran ayam dan Biochar jengkok tembakau-kompos.



Gambar 25. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 42. Hasil analisis nested design kadar K (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.020
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.001
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 42. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel K tanah setelah inkubasi.

## Jenis Tanah

Tabel 42. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap K.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 42. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap K tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 42. menunjukkan nilai sig (0.020) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap K tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 42. menunjukkan nilai sig (0.001) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap K tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 42. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap K tanah.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 43.

Tabel 43. Hasil uji DMRT kadar K pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

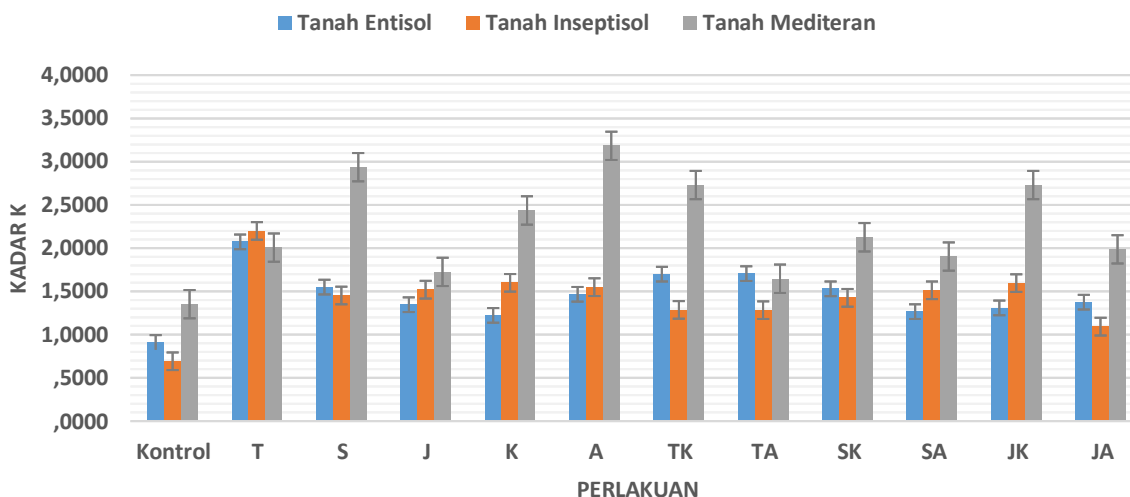
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	1,3533	,31565	a	,9100	,10149	a	,6933	,09713	a
T	2,0067	,16563	ab	2,0733	,45764	c	2,2000	,18330	c
S	2,9367	,27209	cd	1,5500	,36510	abc	1,4533	,47606	b
J	1,7267	,10693	a	1,3467	,23116	ab	1,5200	,45508	b
K	2,4367	,07024	bc	1,2233	,28024	ab	1,6000	,02000	bc
A	3,1833	,22546	d	1,4667	,08737	abc	1,5500	,83289	b
TK	2,7300	,19975	cd	1,7000	,15133	bc	1,2867	,09609	ab
TA	1,6467	,23629	a	1,7067	,27154	bc	1,2833	,03512	ab
SK	2,1267	,17502	ab	1,5300	,50269	abc	1,4267	,12014	b
SA	1,9033	,16503	ab	1,2667	,58287	ab	1,5133	,10017	b
JK	2,7300	,23000	cd	1,3100	,53861	ab	1,5967	,12662	bc
JA	1,9867	,74333	ab	1,3767	,47269	abc	1,0933	,43317	ab

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Pada ketiga tanah yang diperlakukan dengan biochar, pupuk organik dan kombinasi biochar beserta pupuk organik didapati hasil kadar K yang bervariasi. Pada tanah Alfisol

perlakuan Pupuk organik kandang kotoran ayam (3.18 ppm) merupakan perlakuan tertinggi dimana perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan Biochar sekam padi, Biochar tongkol-kompos dan Biochar jengkok tembakau-kompos. Sedangkan pada tanah entisol dan litosol pada perlakuan Biochar tongkol jagung merupakan perlakuan tertinggi diantara perlakuan lain dan kontrol (Tabel 43).



Gambar 26. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar k tersedia pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.9. Kadar Ca

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 41, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 42.

Tabel 44. Hasil analisis nested design kadar Ca pada 7 hari

Sumber Keragaman	Kadar Ca
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.003
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 44. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk pada jenis tanah) dan pupuk pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai  $\text{sig} < \alpha (=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Ca.



## Jenis Tanah

Tabel 44. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Kadar Ca

Biochar dan pupuk pada jenis tanah

Tabel 44. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Ca

Biochar dan pupuk pada jenis tanah Alfisol

Tabel 44. menunjukkan nilai sig (0.003) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Ca. Biochar dan pupuk pada jenis tanah Entisol

Tabel 44. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Ca

Biochar dan pupuk pada jenis tanah Litosol

Tabel 44. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, pupuk berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Ca.

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 45.

Tabel 45. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

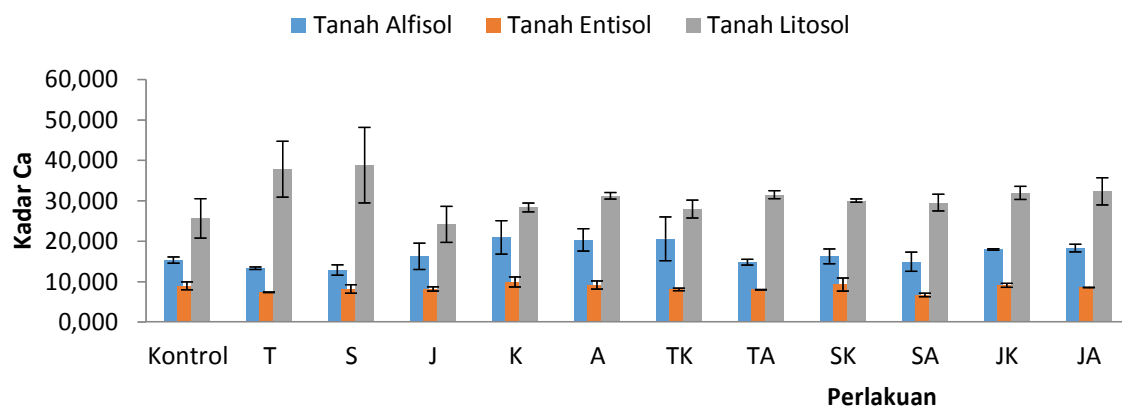
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	15.329	0.773	a	8.964	0.968	a	25.649	4.881	ab
T	13.333	0.308	bc	7.384	0.064	a	37.817	6.923	d
S	12.889	1.290	b	8.195	1.049	a	38.815	9.335	d
J	16.272	3.260	bc	8.204	0.526	b	24.174	4.467	a
K	20.962	4.136	b	9.927	1.233	bc	28.371	1.089	abc
A	20.340	2.784	c	9.161	1.007	e	31.246	0.800	c
TK	20.600	5.408	b	8.086	0.324	cd	27.961	2.207	abc
TA	14.810	0.704	c	8.022	0.046	de	31.534	0.987	c
SK	16.269	1.830	b	9.283	1.617	c	30.056	0.406	bc
SA	14.934	2.376	c	6.713	0.439	de	29.574	2.065	bc
JK	17.986	0.169	b	9.087	0.501	bc	31.964	1.616	c
JA	18.314	0.937	b	8.573	0.031	de	32.354	3.359	c

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Hasil pengamatan kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (7 hari) pada Tabel 45 menunjukkan bahwa tanah yang diperlakukan dengan biochar, pupuk organik dan kombinasi antara biochar dan pupuk organik berbeda nyata dengan kontrol. Perlakuan terbaik pada

Alfisol yaitu pupuk organik kandang kotoran ayam, Biochar tongkol- pupuk kandang kotoran ayam dan Biochar sekam padi- pupuk kandang kotoran ayam ketiga perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan Biochar sekam padi, kompos, Biochar tongkol-kompos, Biochar sekam padi- kompos, Biochar jengkok tembakau-kompos dan Biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam.. Tanah entisol perlakuan Pupuk organik kandang kotoran ayam merupakan perlakuan terbaik dan berbeda nyata dengan perlakuan Biochar tongkol-pupuk kandang kotoran ayam dan Biochar sekam padi- pupuk kandang kotoran ayam. Sedangkan, pada tanah Litosol perlakuan Biochar tongkol jagung dan Biochar sekam padi berbeda nyata dengan perlakuan : Pupuk organik kandang kotoran ayam, Biochar tongkol-pupuk kandang kotoran ayam, Biochar jengkok tembakau-kompos dan Biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam.



Gambar 27. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 46. Hasil analisis nested design kadar Ca pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar Ca
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.993
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.005

Tabel 46. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Ca.

## Jenis Tanah

Tabel 46. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar Ca

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 46. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Ca

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 46. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Ca

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 46. menunjukkan nilai sig (0.993) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Ca

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 46. menunjukkan nilai sig (0.005) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, Biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Ca. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 47.

Tabel 47. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

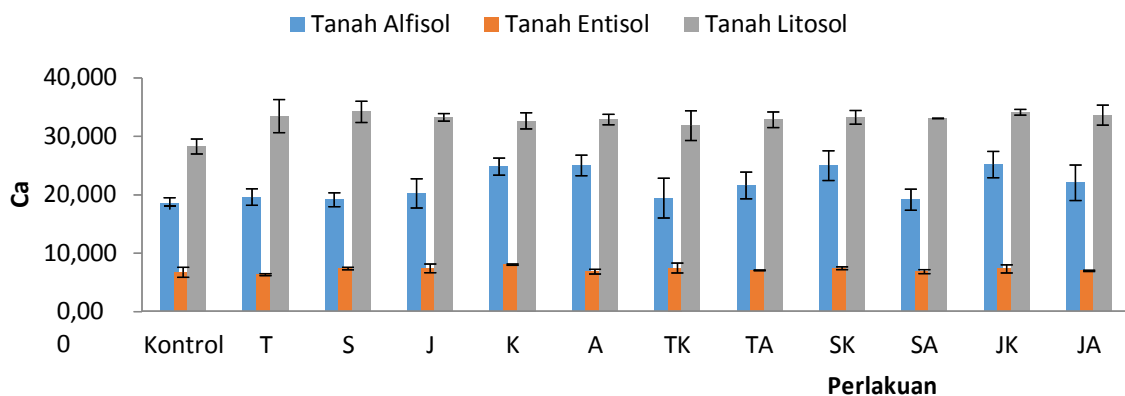
Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	18.500	1.016	a	6.735	0.859	a	28.274	1.269	a
T	19.617	1.418	ab	6.344	0.161	a	33.482	2.831	b
S	19.160	1.194	ab	7.380	0.210	a	34.201	1.817	b
J	20.244	2.502	ab	7.417	0.752	a	33.254	0.649	b
K	24.824	1.454	c	8.046	0.114	a	32.671	1.375	b
A	25.033	1.752	c	6.844	0.404	a	32.883	0.894	b
TK	19.444	3.397	ab	7.476	0.848	a	31.845	2.548	b
TA	21.609	2.276	ab	7.074	0.065	a	32.851	1.332	b
SK	24.997	2.540	c	7.437	0.234	a	33.262	1.170	b
SA	19.161	1.806	ab	6.858	0.347	a	33.081	0.043	b
JK	25.178	2.253	c	7.322	0.695	a	34.133	0.487	b
JA	22.062	3.036	b	6.984	0.104	a	33.641	1.708	b

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Pada Tabel 47, tanah Alfisol dan Litosol yang diperlakukan dengan penambahan biochar, pupuk organik dan kombinasi pupuk organik biochar memiliki hasil yang berbeda nyata dengan kontrol. Sedangkan pada tanah Entisol menunjukkan bahwa perlakuan

penambahan biochar, pupuk organik dan kombinasi biochar beserta pupuk organik tidak menunjukkan hasil yang nyata seperti halnya pada perlakuan kontrol.



Gambar 28. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 48. Hasil analisis nested design kadar Ca (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.410
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 48. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Ca tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

Tabel 48. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Ca .

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 48. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Ca tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 48. menunjukkan nilai sig (0.410) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Ca tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 48. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Ca tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 48. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Ca tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 49.

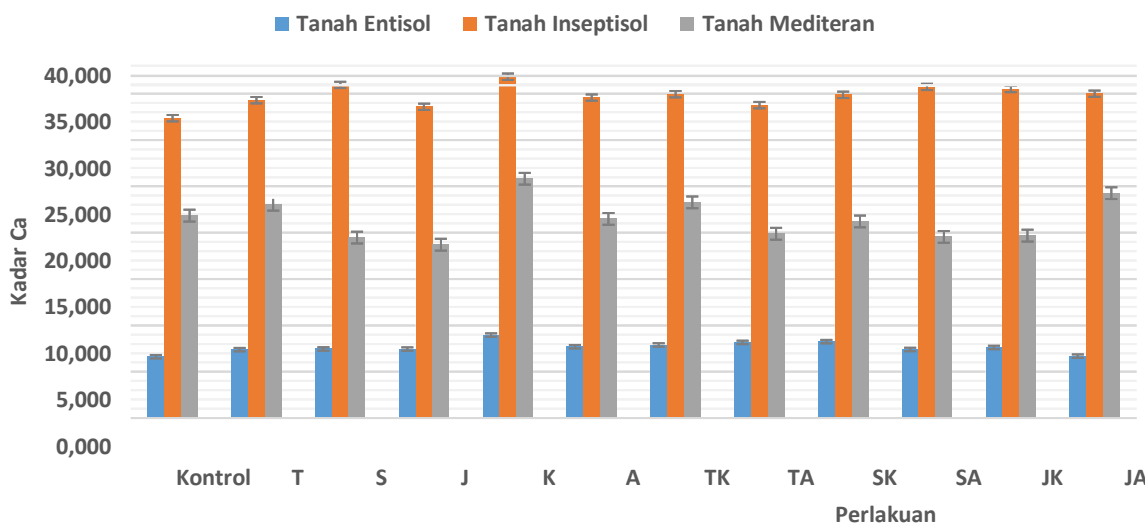
Tabel 49. Hasil uji DMRT kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	21,840	0,832	bcd	6,617	0,338	a	32,360	0,555	a
T	23,010	0,262	cd	7,380	1,157	ab	34,303	0,760	bcd
S	19,473	1,182	ab	7,457	0,995	ab	35,950	1,283	de
J	18,703	0,682	a	7,437	0,472	ab	33,587	0,118	ab
K	25,820	0,242	e	8,947	0,541	c	36,833	1,528	e
A	21,487	0,378	abc	7,703	0,404	abc	34,580	0,720	bcd
TK	23,277	2,271	cde	7,883	0,707	abc	34,947	0,387	bcd
TA	19,883	1,402	ab	8,160	0,069	bc	33,770	0,547	abc
SK	21,213	3,456	abc	8,240	0,221	bc	34,880	0,356	bcd
SA	19,543	0,490	ab	7,393	0,866	ab	35,733	1,782	de
JK	19,683	2,080	ab	7,610	1,000	ab	35,500	1,185	cde
JA	24,267	0,237	cd	6,680	0,197	a	34,997	0,274	bcd

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Pada Tabel 49 memperlihatkan aplikasi biochar dan pupuk organik menunjukkan adanya perbedaan nyata terhadap nilai kadar Ca di masing-masing jenis tanah. Perlakuan aplikasi pupuk kompos secara tunggal pada ketiga jenis tanah didapati bahwa hasil kadar Ca yang paling tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan biochar tongkol jagung dan biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam pada tanah Alfisol (112 hari). Pada tanah Entisol perlakuan kompos berbeda nyata dengan biochar tongkol jagung, biochar sekam padi, biochar jengkok tembakau, biochar sekam padi-pupuk kandang kotoran ayam dan biochar jengkok tembakau-kompos. Pada tanah Litosol perlakuan aplikasi kompos berbeda nyata dengan perlakuan biochar sekam padi.



Gambar 29. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Ca pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.10. Kadar Mg

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 49, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 49.

Tabel 50. Hasil analisis nested design kadar Mg pada 7 hari

Sumber Keragaman	Kadar Mg
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 50. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan pupuk pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Mg.

#### Jenis Tanah

Tabel 50. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Kadar Mg

Pupuk pada jenis tanah

Tabel 50. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Mg

Pupuk pada jenis tanah Alfisol

Tabel 50. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Mg. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 50. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Mg. Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 50. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Kadar Mg

Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 51.

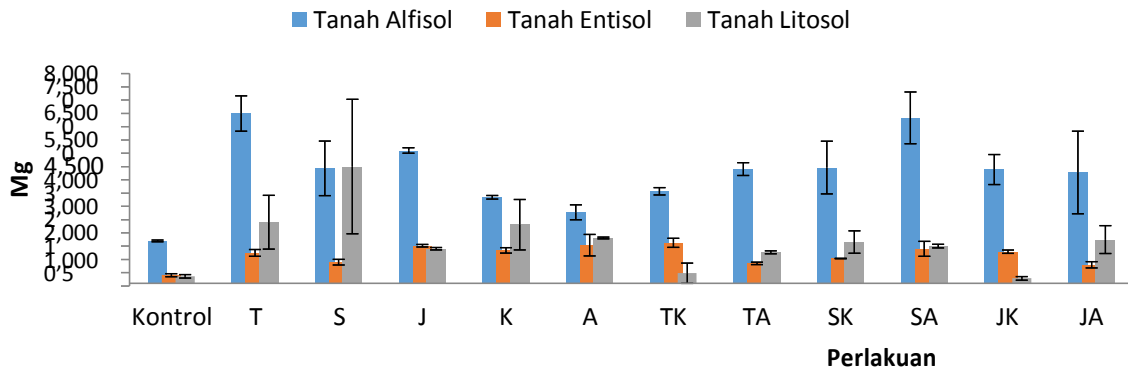
Tabel 51. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	1.700	0.033	a	0.408	0.056	a	0.364	0.066	ab
T	6.495	0.667	e	1.244	0.128	a	2.402	1.013	d
S	4.431	1.028	cd	0.897	0.103	a	4.498	2.532	e
J	5.103	0.102	d	1.517	0.050	b	1.403	0.045	abcd
K	3.341	0.070	bc	1.343	0.103	bc	2.308	0.948	d
A	2.773	0.281	b	1.537	0.405	e	1.809	0.031	d
TK	3.566	0.139	bc	1.625	0.169	cd	0.481	0.381	abc
TA	4.403	0.240	cd	0.853	0.044	de	1.269	0.056	abcd
SK	4.461	0.991	cd	1.037	0.007	c	1.655	0.423	cd
SA	6.331	0.976	e	1.399	0.282	de	1.504	0.068	bcd
JK	4.385	0.567	cd	1.291	0.065	bc	0.286	0.068	a
JA	4.274	1.557	cd	0.801	0.117	de	1.749	0.525	d

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Perlakuan biochar dan pupuk organik baik yang diaplikasikan secara tunggal dan kombinasi menunjukkan kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (7 hari). Tabel 51 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata. Pengaruh aplikasi biochar secara tunggal berpengaruh nyata terhadap kadar Mg pada tanah jenis tanah Alfisol (Biochar tongkol jagung) dan tanah Litosol (biochar sekam padi) pada umur 7 hari. Sedangkan, pada tanah Entisol perlakuan pupuk organik kandang kotoran ayam memiliki hasil yang berbeda nyata dengan perlakuan Biochar tongkol-kompos. Pada tanah Alfisol perlakuan aplikasi biochar secara tunggal dan aplikasi biochar dengan pupuk organik (kompos) merupakan perlakuan tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau.



Gambar 30. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 52. Hasil analisis nested design kadar Mg pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar Mg
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.002
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.662
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 52. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Mg.

### Jenis Tanah

Tabel 52. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar Mg

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 52. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Mg

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 52. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Mg

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 52. menunjukkan nilai sig (0.662) >  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Mg

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol



Tabel 52. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Mg. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 53.

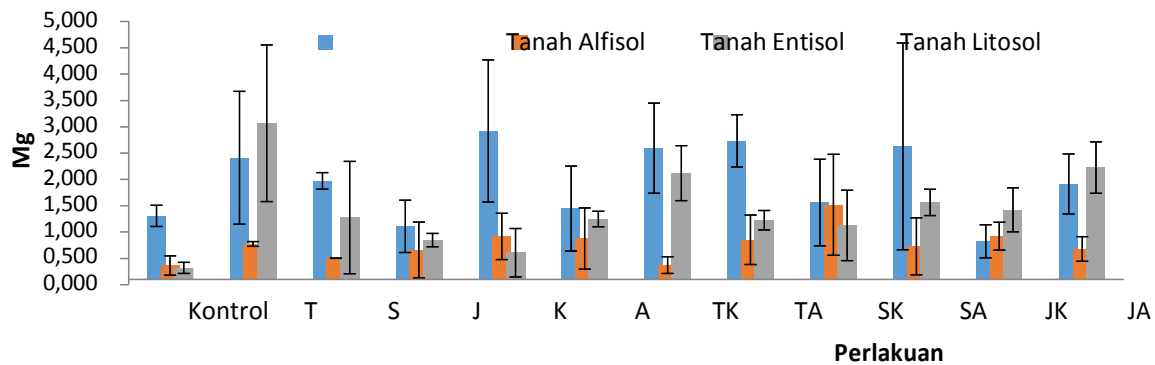
Tabel 53. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	1.307	0.202	ab	0.364	0.184	a	0.318	0.105	a
T	2.411	1.262	bcde	0.773	0.046	ab	3.067	1.487	d
S	1.972	0.158	abcde	0.502	0.002	ab	1.276	1.067	abc
J	1.108	0.498	ab	0.658	0.531	ab	0.847	0.127	ab
K	2.921	1.352	e	0.916	0.440	ab	0.606	0.460	a
A	1.447	0.808	abc	0.875	0.581	ab	1.246	0.147	abc
TK	2.594	0.857	cde	0.371	0.158	a	2.119	0.522	bcd
TA	2.732	0.496	de	0.853	0.470	ab	1.224	0.185	abc
SK	1.560	0.824	abcd	1.517	0.959	b	1.126	0.669	abc
SA	2.629	1.965	cde	0.728	0.541	ab	1.562	0.250	ab
JK	0.823	0.315	a	0.921	0.265	ab	1.422	0.420	ab
JA	1.914	0.569	abcde	0.678	0.234	ab	2.224	0.489	cd

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Hasil analisis uji kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (60 hari) pada ketiga jenis tanah yaitu Alfisol, Entisol dan Litosol memiliki hasil yang berbeda. Pada Tabel 53 menjelaskan bahwa respon dari aplikasi biochar dan pupuk organik baik secara tunggal dan kombinasi pada tanah Alfisol perlakuan pupuk kompos mendapatkan hasil tertinggi senilai 2.92 ppm dimana perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kontrol, biochar jengkok tembakau, pupuk organik kandang kotoran ayam, biochar sekam padi- kompos, dan biochar jengkok tembakau – kompos. Pada tanah Entisol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan biochar sekam padi-kompos yaitu dengan nilai kadar Mg sebesar 1.52 ppm, perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan biochar tongkol – kompos. Pada tanah Litosol perlakuan terbaik yaitu pada aplikasi biochar tongkol jagung dengan nilai kadar Mg sebesar 3.07 ppm, perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biochar sekam padi, Biochar tongkol-pupuk kandang kotoran ayam dan biochar sekam padi – kompos.



Gambar 31. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 54. Hasil analisis nested design kadar Mg (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.045
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.074
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 54. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha(=0.05)$  maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Mg tanah setelah inkubasi.

#### Jenis Tanah

Tabel 54. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Mg.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 54. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Mg tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 54. menunjukkan nilai sig (0.045) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Mg tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 54. menunjukkan nilai sig (0.074) <  $\alpha(=0.05)$ , sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap Mg tanah.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 54. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Mg tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 55.

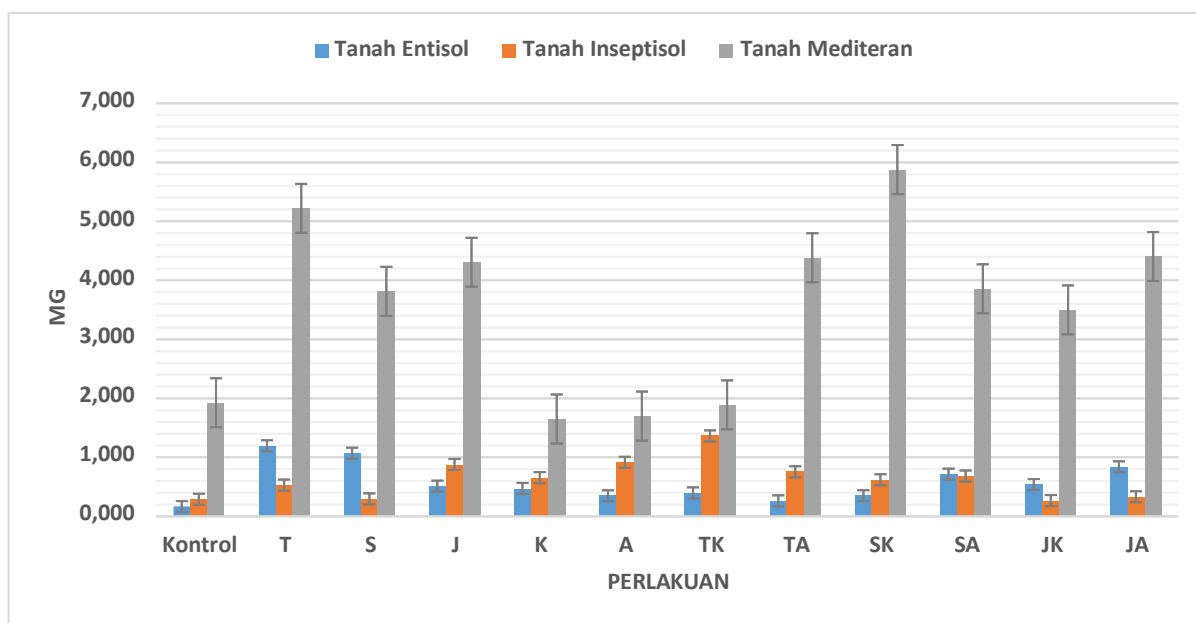
Tabel 55. Hasil uji DMRT kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	1,927	0,196	a	0,167	0,012	a	0,290	0,010	a
T	5,220	0,261	cd	1,197	0,295	e	0,530	0,175	ab
S	3,813	0,771	b	1,070	0,087	de	0,297	0,047	a
J	4,307	0,576	bc	0,513	0,104	abc	0,880	0,030	b
K	1,650	0,215	a	0,473	0,156	abc	0,657	0,268	ab
A	1,700	0,173	a	0,350	0,131	ab	0,917	0,522	b
TK	1,890	0,159	a	0,400	0,357	abc	1,363	0,545	c
TA	4,383	1,117	bc	0,263	0,090	ab	0,757	0,152	ab
SK	5,877	0,426	d	0,350	0,131	ab	0,620	0,167	ab
SA	3,857	1,004	b	0,717	0,358	bcd	0,683	0,160	ab
JK	3,500	0,745	b	0,540	0,518	abc	0,267	0,125	a
JA	4,403	0,224	bc	0,840	0,255	cde	0,333	0,042	a

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Hasil uji kadar Mg pada masing-masing jenis tanah menunjukkan adanya perbedaan hasil saat umur 112 hari. Pada Tabel 55 menjelaskan bahwa respon dari aplikasi biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun kombinasi memiliki hasil yang berbeda di tanah Alfisol, Entisol dan Litosol. Pada tanah Alfisol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan biochar sekam padi – kompos, pada tanah Entisol perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan biochar tongkol jagung dan pada tanah Litosol perlakuan biochar tongkol-kompos merupakan perlakuan terbaik.



Gambar 32. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Mg pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.11. Kadar Na

Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 53, sedangkan uji lanjut dengan DMRT disajikan pada Tabel 54.

Tabel 56. Hasil analisis nested design kadar Na pada 7 hari

Sumber Keragaman	kadar Na
Jenis tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Alfisol	0.000
Biochar dan pupuk organik pada tanah Entisol	0.995
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	0.995

Tabel 56. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) dan biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel kadar Na.

#### Jenis Tanah

Tabel 56. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar Na.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 56. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na.

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 56. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 56. menunjukkan nilai sig (0.995) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Na

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 56. menunjukkan nilai sig (0.995) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Na. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 57.

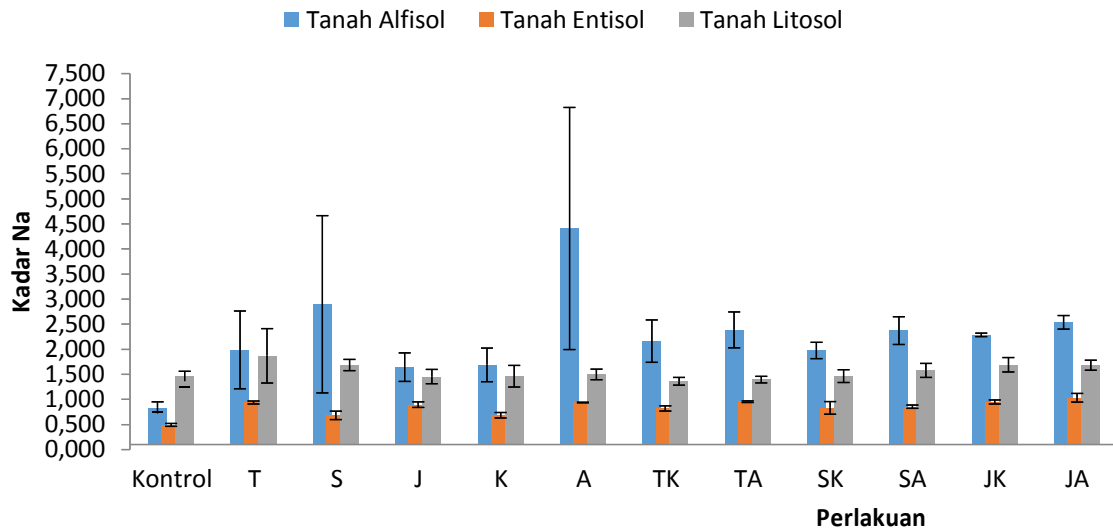
Tabel 57. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	0.836	0.115	a	0.492	0.029	a	1.462	0.099	a
T	1.987	0.775	bc	0.938	0.029	a	1.868	0.543	a
S	2.897	1.768	ab	0.681	0.083	a	1.685	0.112	a
J	1.643	0.285	ab	0.895	0.055	a	1.455	0.143	a
K	1.688	0.334	d	0.684	0.056	a	1.463	0.216	a
A	4.408	2.415	bc	0.939	0.005	a	1.498	0.104	a
TK	2.163	0.423	bc	0.820	0.052	a	1.360	0.077	a
TA	2.386	0.358	bc	0.954	0.017	a	1.394	0.066	a
SK	1.975	0.163	bc	0.830	0.126	a	1.465	0.127	a
SA	2.372	0.277	bc	0.854	0.034	a	1.577	0.140	a
JK	2.286	0.034	c	0.949	0.039	a	1.691	0.144	a
JA	2.537	0.135	bc	1.032	0.087	a	1.682	0.100	a

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Perlakuan biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun secara kombinasi pada jenis tanah Entisol dan Litosol pada masing-masing perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar Na umur 7 hari. Pada jenis tanah Alfisol perlakuan biochar jengkok tembakau-kompos dengan nilai kadar Na sebesar 2.23 ppm merupakan perlakuan terbaik dimana perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan biocharsekam padi dan biochar jengkok tembakau.



Gambar 33. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (7 hari)

Tabel 58. Hasil analisis nested design kadar Na pada (60 hari)

Sumber Keragaman	kadar Na
Jenis tanah	0.000
Biochar-pupuk organik pada tanah	0.002
Biochar-pupuk organik pada tanah Alfisol	0.019
Biochar-pupuk organik pada tanah Entisol	0.839
Biochar-pupuk organik pada tanah Litosol	0.000

Tabel 58. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar-pupuk organik pada jenis tanah) dan Biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na.

#### Jenis Tanah

Tabel 58. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar Na

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 58. menunjukkan nilai sig (0.002) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 58. menunjukkan nilai sig (0.019) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 58. menunjukkan nilai sig (0.839) >  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara tidak signifikan terhadap kadar Na

Biochar-pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 58. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar-pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap kadar Na. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 59.

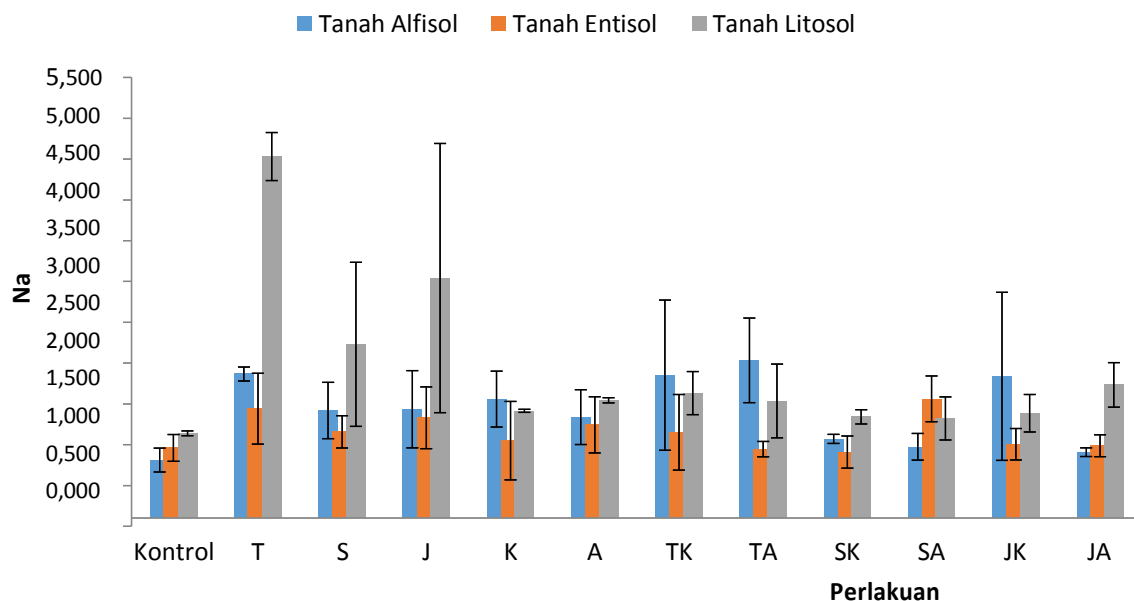
Tabel 59. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-rata	Stdev	Notasi
Kontrol	0.811	0.146	a	0.960	0.165	a	1.139	0.030	a
T	1.866	0.086	bc	1.441	0.434	a	4.531	0.295	d
S	1.419	0.345	abc	1.157	0.197	a	2.229	1.006	bc
J	1.434	0.474	abc	1.330	0.378	a	3.042	1.649	c
K	1.558	0.342	abc	1.048	0.481	a	1.414	0.018	ab
A	1.337	0.336	ab	1.242	0.344	a	1.543	0.032	ab
TK	1.851	0.921	bc	1.152	0.463	a	1.632	0.263	ab
TA	2.033	0.518	c	0.946	0.094	a	1.536	0.452	ab
SK	1.070	0.056	ab	0.909	0.196	a	1.341	0.088	ab
SA	0.974	0.164	a	1.561	0.280	a	1.321	0.264	ab
JK	1.837	1.030	bc	1.005	0.193	a	1.384	0.230	ab
JA	0.907	0.053	a	0.986	0.134	a	1.733	0.273	ab

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Perlakuan biochar dan pupuk organik baik secara tunggal maupun secara kombinasi pada jenis tanah Entisol pada masing-masing perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar Na umur 60 hari (Tabel 59). Pada jenis tanah Alfisol perlakuan Biochar tongkol-pupuk kandang kotoran ayam dengan nilai kadar Na sebesar 2.03 ppm merupakan perlakuan terbaik dimana perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan Pupuk organik kandang kotoran ayam dan Biochar sekam padi- kompos. Pada jenis tanah Litosol perlakuan terbaik dengan nilai kadar Na sebesar 4.53 ppm dari perlakuan biochar tongkol jagung yang berbeda nyata dengan perlakuan biochar jengkok tembakau.



Gambar 34. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (60 hari)

Tabel 60. Hasil analisis nested design kadar Na (112 hari)

Sumber Keragaman	Sig.
Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Tanah	0.000
Biochar dan pupuk organik pada Entisol	0.003
Biochar dan pupuk organik pada Litosol	0.003
Biochar dan pupuk organik pada Alfisol	0.000

Tabel 60. menunjukkan nilai sig pada faktor pertama (Jenis Tanah), faktor kedua (Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah), dan Biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Jika nilai sig <  $\alpha$ (=0.05) maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan berpengaruh secara signifikan terhadap variabel Na tanah setelah inkubasi.

### Jenis Tanah

Tabel 60. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap Na .

Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah

Tabel 60. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga biochar dan pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh secara signifikan terhadap Na tanah.



Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Entisol

Tabel 60. menunjukkan nilai sig (0.003) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Entisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Na tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Litosol

Tabel 60. menunjukkan nilai sig (0.003) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Litosol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Na tanah. Biochar dan pupuk organik pada jenis tanah Alfisol

Tabel 60. menunjukkan nilai sig (0.000) <  $\alpha$ (=0.05), sehingga pada jenis tanah Alfisol, biochar dan pupuk organik berpengaruh secara signifikan terhadap Na tanah. Hasil uji DMRT pada masing-masing tanah disajikan dalam Tabel 61.

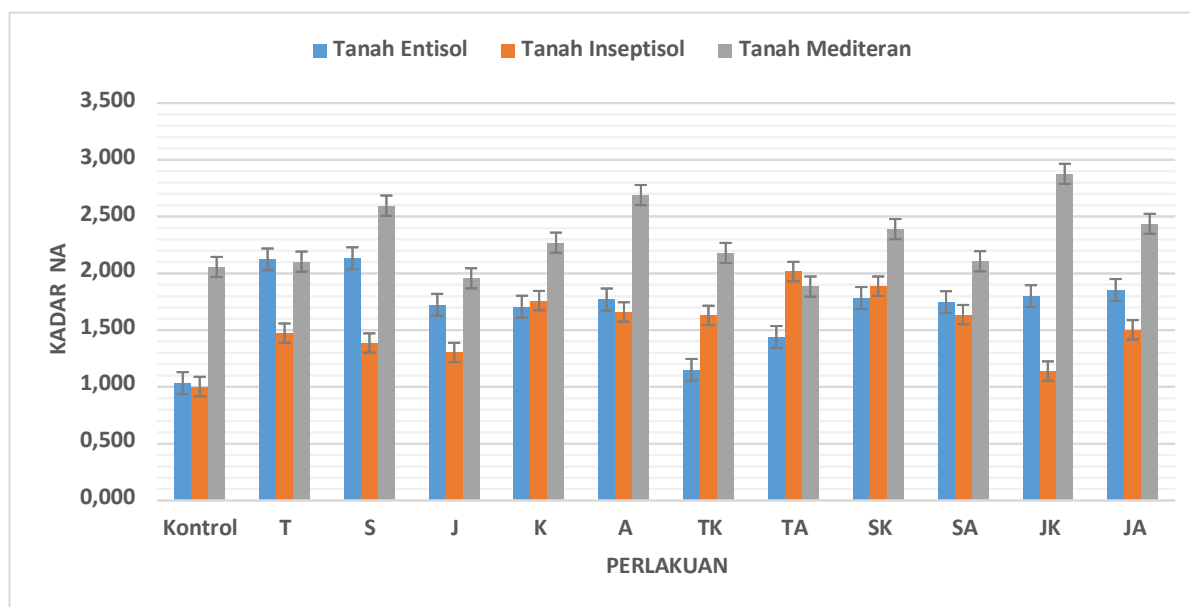
Tabel 61. Hasil uji DMRT kadar Na pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

Perlakuan	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi	Rata-Rata	$\pm$ Stdev	Notasi
Kontrol	2,057	0,040	d	1,033	0,270	ab	1,003	0,170	e
T	2,103	0,267	ab	2,123	0,486	c	1,473	0,189	abcd
S	2,597	0,047	bcd	2,133	0,060	c	1,387	0,206	abc
J	1,957	0,435	a	1,723	0,112	bc	1,303	0,163	ab
K	2,270	0,066	abc	1,707	0,060	bc	1,760	0,125	cde
A	2,690	0,315	bcd	1,770	0,128	bc	1,660	0,195	bcde
TK	2,180	0,165	ab	1,150	0,092	a	1,630	0,336	bcde
TA	1,883	0,352	a	1,440	0,236	ab	2,017	0,306	e
SK	2,390	0,415	abc	1,783	0,189	bc	1,887	0,105	cd
SA	2,107	0,505	ab	1,747	0,476	bc	1,637	0,431	bcde
JK	2,877	0,201	cd	1,800	0,339	bc	1,140	0,066	a
JA	2,437	0,556	abc	1,853	0,215	bc	1,503	0,172	abcd

\* Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis Biochar dan pupuk organik pada masing-masing tanah.

\*\* Uji DMRT dengan  $\alpha$ =5%

Hasil kadar Na pada jenis tanah Alfisol didapati bahwa perlakuan dapat menurunkan kadar Na, demikian pula pada Litosol kecuali perlakuan TA. Berbeda pada Entisol yang diperlakukan dengan biochar tongkol dan biochar sekam dapat meningkatkan kadar Na (Tabel 61).



Gambar 35. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar Na pada masing-masing jenis tanah (112 hari)

#### 5.4.12. Efek dari perubahan biochar dan pupuk organik pada tekstur tanah saat panen

Persentase kadar liat menurun dan kadar debu meningkat dengan penggunaan biochar dan pupuk organik pada Alfisol (Tabel 5). Persentase kadar liat lebih banyak menurun, dari 77% (kontrol) menjadi 57% (TA) maupun 58% (T). Kadar liat yang tinggi pada Alfisol menyebabkan retensi air yang tinggi sehingga sistem aerasi terhambat. Berkurangnya kadar liat berarti memperbaiki penyediaan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman sehingga hasil jagung meningkat pada perlakuan TA (Alfisol). Widowati *et al.* (2017), melaporkan kombinasi biochar dan pupuk organik meningkatkan porositas dan pori makro pada Alfisol, berturut-turut 21% dan 64% akan tetapi pori mikro menurun 25,4% dari 28,3% menjadi 21,1%. Pori meso menurun masing-masing 33% dan 49% dari 17,4% menjadi 11,7% (biochar tongkol) dan 8,7% (biochar sekam padi).

Berbeda pada tanah berpasir, persentase kadar liat meningkat sedangkan debu maupun pasir menunjukkan persentase yang relatif tetap, meningkat ataupun menurun tergantung masukan bahan organik pada Entisol. Peningkatan kadar liat juga mampu meningkatkan hasil tanaman pada Entisol sekalipun terdapat variasi pada persentase debu dan pasir. Kenaikan jumlah liat menyebabkan retensi air dan KTK tanah Entisol meningkat setelah diberi perlakuan. Biochar sekam meningkatkan persentase kadar liat dari 3% (kontrol)

menjadi 16% (perlakuan) yang lebih besar daripada dua jenis biochar lainnya. Penggunaan kompos dan pupuk kandang meningkatkan persentase kadar liat yang sama dari 3% (kontrol) menjadi 10% (perlakuan) (Tabel 5). Kemampuan tanah mengikat air meningkat pada Entisol setelah penambahan biochar maupun pupuk organik karena meningkatnya pori meso 28,4% dari 9,6% menjadi 13,4% dan pori makro menurun 21% (Widowati *et al.*, 2017). Hasil penelitian ini sejalan dengan Sukartono *et al.*, (2012), Aplikasi biochar dan pupuk menyebabkan sedikit perubahan retensi air tanah dan kapasitas air tersedia pada tanah lempung berpasir di Lombok. Purakayastha *et al.* (2013) melaporkan kapasitas memegang air dari biochar gandum tertinggi (561%) diikuti oleh biochar jagung (456%). Peningkatan porositas mengakibatkan tiga kali lipat peningkatan luas permukaan yang menyebabkan peningkatan kapasitas memegang air bahan biochar.

Berbeda dengan Litosol tergolong tanah muda yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna sehingga persentase kadar pasir, debu dan liat belum menunjukkan kecenderungan meningkat ataupun menurun dengan masukan biochar maupun pupuk organik. Widowati *et al.* (2017) melaporkan biochar jengkok dapat menurunkan pori meso tanah Litosol 56% dari 11,5% menjadi 5,0%. Lebih lanjut disampaikan pori mikro berkurang 12% setelah diterapkan pupuk kandang kombinasi biochar sekam maupun dengan biochar tongkol, dan kombinasi biochar jengkok dengan kompos.

Tabel 62. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap tekstur tanah Entisol, Litosol, Alfisol pada saat panen

Perlakuan	Entisol			Klas	Alfisol			Klas	Litosol			Klas
	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)		Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)		Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	
Kontrol	81	16	3	pasir berlempung	11	13	77	liat	14	23	63	liat
T	78	16	6	pasir berlempung	11	31	58	liat	8	27	65	liat
S	81	3	16	lempung berpasir	11	25	63	liat	15	21	64	liat
J	87	7	7	pasir	10	28	62	liat	14	16	69	liat
K	84	7	10	pasir	12	25	63	liat	12	27	61	liat
A	86	3	10	pasir berlempung	9	24	67	liat	11	24	66	liat
TK	76	18	6	pasir berlempung	12	14	74	liat	17	25	58	liat
TA	81	6	13	pasir berlempung	10	33	57	liat	12	18	70	liat
SK	78	16	6	pasir berlempung	11	30	59	liat	15	21	63	liat
SA	78	12	9	pasir berlempung	11	26	63	liat	11	33	56	lempung berliat
JK	81	6	13	pasir berlempung	11	29	59	liat	14	20	65	liat
JA	76	12	12	lempung berpasir	12	22	66	liat	16	17	67	liat

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. KESIMPULAN

- Pertumbuhan dan hasil tanaman terbaik dari penggunaan biochar tongkol kombinasi pupuk kandang pada Alfisol. Hasil jagung dari penggunaan secara kombinasi ditingkatkan 7,7% (dibanding pupuk kandang) dan 44,8% (dibanding biochar tongkol) pada Alfisol.
- Pertumbuhan tanaman terbaik pada penggunaan biochar jengkok kombinasi pupuk kandang pada Litosol, tetapi hasil tanaman ditingkatkan rata-rata 132,5% dengan pupuk kandang yang diterapkan secara tunggal maupun kombinasi dengan jenis biochar (dibanding kontrol).
- Pertumbuhan tanaman terbaik pada penerapan pupuk kandang pada Entisol, tetapi penggunaan jenis biochar dan pupuk organik secara tunggal maupun kombinasi menunjukkan hasil jagung yang sama, meskipun meningkat 108% dibanding kontrol.
- Jenis biochar dan pupuk organik yang digunakan pada Entisol memberikan tanggapan yang sama terhadap hasil jagung.
- Penggunaan biochar tongkol dan pupuk kandang pada Alfisol menghasilkan kadar N (0,24%), P (114,1 mg kg<sup>-1</sup>), dan K (4,70 me 100 g<sup>-1</sup>) seimbang untuk hasil biji terbaik.
- Penggunaan biochar sekam dan pupuk kandang pada Litosol menghasilkan kadar N (0,19%), P (45,56 mg kg<sup>-1</sup>), dan K (0,67 me 100 g<sup>-1</sup>) seimbang untuk hasil biji terbaik.
- Kadar liat meningkat pada Entisol dan menurun pada Alfisol dengan menggunakan biochar dan pupuk organik secara kombinasi maupun tunggal.
- Bahan organik tanah, pH tanah, kadar N total, P tersedia, KTK tanah, jumlah kation basa, meningkat pada ketiga jenis tanah.
- Jenis tanah menentukan kemampuan biochar sebagai penyedia Ca dan Mg (Litosol) maupun menyimpan kation basa (Alfisol dan Entisol).
- Sifat tanah dari penerapan biochar dan pupuk organik yang berbeda menunjukkan hasil jagung yang tidak berbeda pada Entisol.
- Penggunaan biochar jengkok-pupuk kandang secara bersama lebih baik daripada secara tunggal pada Alfisol, seperti pH, bahan organik tanah, jumlah basa, KTK, dan kadar N total.
- Aplikasi kombinasi lebih menguntungkan daripada secara tunggal untuk kadar P tersedia (7 dan 112 hst) pada tanah Alfisol dan Litosol, tetapi kadar N total tanah pada 7 hst.

## **6.2. SARAN**

Penelitian dalam polibag masih perlu kolaborasi di tingkat lapangan agar diperoleh hasil yang mewakili.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

1. Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kemenristek-Dikti yang telah mendukung dana pada Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi tahun kedua (2018).
2. PT Gudang Garam, Tbk yang telah menyediakan biochar jengkok tembakau dari hasil industri tembakau.
3. PT Bisi Internasional, Tbk yang telah menyediakan limbah tongkol jagung.
4. LPPM Universitas Tribhuwana Tungadewi yang telah memberi fasilitas manajemen penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., Cornelissen, G. 2015. Biochar Amendment Increases Maize Root Surface Areas and Branching: A Shovelomics Study in Zambia. *Plant Soil* 395: 45–55.
- Ammu, P. and Anitha, S. 2015. Production and Characterisation of Biochar From Different Organic Materials. *Journal of Tropical Agriculture*, 53 (2), pp. 191-196.
- Amonette JE, Joseph S. 2009. Characteristics of biochar microchemical properties. In: Lehman J, Joseph S (eds). *Biochar for Environmental Management Science and Technology*. Earthscan, London.
- Anita Nur Khoiriyah, Cahyo Prayogo, Widiyanto\*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol 3 No 1 : 253-260, 2016.
- Ardakani, M. R. and M. Sharifi. 2017. Worm Castings-Based Growing Media with Biochar and Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Producing Organic Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Greenhouse. *Iranian Journal of Plant Physiology* 7 (3), 2083-2093.
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., Horie, T. 2009. Biochar Amendment Techniques for Upland Rice Production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crop Res.* 111, 81–84.
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa T, And Horie, T. 2009. Biochar Amandement Techniques Forupland Rice Production In Northern Laos. *Soil Physical Properties, Leaf Spadand grain yield. Field Crops Research*, 111, pp. 81–84.
- Bai, S.H., Reverchon, F., CY, X., ZH, X., Blumfield, T.J., Zhao, H.T., Van Zwieten, L., Wallace, H.M. 2015. Wood Biochar Increases Nitrogen Retention in Field Settings Mainly Through Abiotic Processes. *Soil Biol Biochem* 90:232–240.
- Baronti, S., Vaccari, F.P., Miglietta, F., Calzolari, C. Lugato, E., Orlandini, S., Pini, R., Zulian, C., Genesio, L. 2014. Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* L. *Europ. J. Agron.* 53:38-44.
- Biederman, L. A., Harpole, W. T. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*. 5: 202- 214.
- Biederman, L.A., Harpole, W.T. 2013. Biochar and Its Effects on Plant Productivity and Nutrient Cycling: A Meta-Analysis. *GCB Bioenergy*. 5: 202214.
- Bourke J, Manley-Harris M, Fushimi C et al. 2007. Do all carbonized charcoals have the same chemical structure? 2. A model of the chemical structure of carbonized charcoal. *Ind Eng Chem Res* 46 (18): 5954-5967.
- Bridgwater A, Boocock DGB. 2006. *Science in Thermal and Chemical Biomass Conversion*. CPL Press, Newbury.
- Bruun, E.W., Petersen, C.T., Hansen, E., Holm, J.K., Hauggaard-Nielsen, H. 2014. Biochar Amendment to Coarse Sandy Subsoil Improves Root Growth and Increases Water Retention. *Soil Use Manag.* 30, 109–118.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. 2008. Agronomic Values of Greenwaste Biochar as A Soil Amendment. *Soil Res.* 45, 629–634.
- Cheng, C.H., Lehmann, J., Thies, J.E., Burton, S.D., and Engelhard, M.H. 2006. Oxidation of black carbon through biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37 : 1477 – 1488.
- Cheng, C.H., Lehmann, J. and Engelhard, M.H. 2008. Natural Oxidation of Black Carbon in Soils: Changes in Molecular Form and Surface Charge Along a Climosequence. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 72: 1598-1610.

- Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G.D., Rutherford, D.W., Sparrevik, M., Hale, S.E., Obia, A., Mulder, J. 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. *Agronomy* 3, 256–274.
- Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X., Zeng, G. 2016. Biochar to improve soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36: 2-18.
- Downie, A., Munro, P., Grosky, A. 2009. Characterization of biochar-physical and structural properties. In: Lehmann & Joseph (eds). 2009. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan. p 13-29.
- Dugan, E., Verhoef, A., Robinson, S., Sohi, S. 2010. Biochar from Sawdust, Maize Stover and Charcoal: Impact on Water Holding Capacities (WHC) of Three Soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Science, Symposium, pp. 9–12.
- Enders, A., Hanley, K., Whitman, T., Joseph, S. and Lehmann, J. 2012. Characterization of Biochars to Evaluate Recalcitrance and Agronomic Performance. *Journal of Bioresour Technology*, 114, pp. 644-653.
- Gao, M., Liu, X., Li, N., Luo, P., Han, X., Yang, J. 2017. The impact of application of biocar on peanuts growing. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 274 012156.
- Gaskin JW, Speir RA, Harris K, Das KC, Lee RD, Morris LA. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agron J* 102:623–633.
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weather soils in the tropics charcoal. A review. *Biology and Fertility of Soils* 35 : 219 – 230.
- Gokila, B. and Baskar, K. 2015. Characterization of Prosopis Juliflora. L Biochar and Its Influence of Soil Fertility on Maize in Alfisols. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, Vol. 5 (1): 123-127.
- Haefele MS, Konboon Y, Wongboon W, Amarante S, Maarifat AA, Pfeiffer ME. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Res.* doi:10.1016/j.fcr.2011.01014.
- Haryono. 2013. Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press, Jakarta. 141 hlm.
- Hunt J., DuPont M., Sato D., Kawabata A. 2010. *The basics of biochar: a natural soil admendment*. University of Hawaii at Manoa, Soil and Crop Management, 12.
- Joseph, S, Peacocke, C, Lehmann, J & Munroe, P. 2009. Developing a biochar classification and test methods, in Lehmann, J & Joseph, S, Biochar for environmental management: science and technology, Earthscan, United Kingdom: 107–26.
- Kammann, C.I., Linsel, S., Gößling, J.W., Koyro, H-W. 2011. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil– plant relations. *Plant Soil*. 345: 195-210.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., Regina, K. 2011. Biochar Addition to Agricultural Soil Increased CH<sub>4</sub> Uptake and Water Holding Capacity – Results from A Short-term Pilot Field study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 140:309–313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>.
- Koide, R.T, Nguyen, B.T., Skinner, R.H., Dell, C.J., Peoples, M.S., Adler, P.R., and Drohan, P.J. 2015. Biochar Amendment of Soil Improves Resilience to Climate Change. *GCB Bioenergy* 7: 1084–1091, doi: 10.1111/gcbb.12191.
- Koutcheiko S, Monreal CM, Kodama H et al. 2007. Preparation and characterization of activated carbon derived from the thermochemical conversion of chicken manure. *Bioresour Technol* 98 (13): 2459- 2464.



- Lehmann J, da Silva JJP, Steiner C, Nehls T, Zech W, Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeo-logical Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *J Plant Soil* 249 : 343 – 357.
- Lehmann, J., Joseph, S. 2015. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In: Biochar for Environmental Management - Science and Technology, 2nd edition. J. Lehmann and S. Joseph (eds.). Routledge.
- Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Marsiello, C.A., Hockaday, W.C., Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota e A review. *Soil Biol. Biochem.* 43: 1812-1836.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F.J., Petersen, J., Neves, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1719. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0383>.
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J.E., Luizao, F.J., Petersen, J. and Neves, E.G. 2006. Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils, *Soil Science Society of America Journal*, 70: 1719–1730.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochars Effect on Crop Productivity and The Dependence on Experimental Conditions - A Meta - Analysis of Literature Data. *Plant Soil* 373: 583–594.
- Major, J, Lehmann, J, Rondon, M & Goodale, C. 2010a. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration, *Global Change Biology* 16(4): 1366–79.
- Martinsen, V., Mulder, J., Shitumbanuma, V., Sparrevik, M., Børresen, T., Cornelissen, G., 2014. Farmerled Maize Biochar Trials: Effect on Crop Yield and Soil Nutrients Under Conservation Farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177, 681–695.
- Mia, S., van Groenigena, J.W., van de Voorde, T.F.J., Orama, N. J., Bezemer, T.M., Mommer, L., Jeffery, S. 2014. Biochar application rate affects biological nitrogen fixation in red clover conditional on potassium availability. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191: 83–91.
- Mulyani, A. dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Suboptimal Untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2: 47-56.
- Naeem, M. A., M. Khalid, M. Arshad and A. Rashid. 2014. Yield and nutrient composition of biochar produced from different feedstocks at varying pyrolytic temperatures. *Pak. J. Agri. Sci.* 51(1): 75-82.
- Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G., Børresen, T. 2016. In Situ Effects of Biochar on Aggregation, Water Retention and Porosity in Light-textured Tropical Soils. *Soil Tillage Res.* 155: 35–44.
- Oguntunde, P.G., Abiodun, B.J., Ajayi, A.E. And Van De Giesen, N. 2008. Effects Of Charcoal production On Soil Physical Properties In Ghana. *Journal Of Plant Nutrient And Soil Science*, 171, pp. 591–596.
- Ouyang, L., Q. Tang, L. Yu and R. Zhang. 2014. Effects of amendment of different biochars on soil enzyme activities related to carbon mineralisation. *Soil Research*, 52: 706-716.
- Q. Tang, L. Yu and R. Zhang. 2014. Effects of Amendment of Different Biochars on Soil Enzyme Activities Related to Carbon Mineralisation. *Soil Research*, 52: 706-716.
- Peng, X., Ye, L.L., Wang, C.H., Zhou, H., Sun, B. 2011. Temperature and Duration Dependent Rice Straw-derived Biochar: Characteristics and Its Effects on Soil

- Properties of An Ultisol in Southern China. *Soil Till. Res.* 112, 159-166.
- Phares, C. A., Osei, B. A., and Tagoe, S. 2017. Effects of Biochar and Poultry Manure on the Composition of Phosphorus Solubilizing Fungi and Soil Available Phosphorus Concentration in an Oxisol. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 12(2): 1-15, 2017; Article no.JAERI.34526.
- Purakayastha, T.J., Pathak, H. and Savita, K. 2013. Effect of Feedstock on Characteristics of Biochar and Its Impact on Carbon Sequestration in Soil. In: *Proceedings of National Seminar on Current Environmental Challenges and Possible Solutions*, 15-16 February 2013, University of Delhi, pp. 74-75.
- Purevsuren B, Avida B, Gerelmaa T et al. 2004. The characterization of tar from the pyrolysis of animal bones. *Fuel* 83: 799-805.
- Raveendran K, Ganesh A, Khilart KC. 1995. Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics. *Fuel* 74: 1812-1822.
- Rondon, M.A., J. Lehmann, J. Ramirez, & M. Hurtado, 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *J. Biology and Fertility Soils* 43: 699-708.
- Rondon, M.A., Lehmann J., Ramírez, J. Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biol. Fertil. Soils*. 43:699–708.
- Schnitzer MI, Monreal CM, Jandl G, Leinweber P. 2007. The conversion of chicken manure to bio-oil by fast pyrolysis II. Analysis of chicken manure, biooils, and char by curie- point pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Cp Py-GC/MS). *J Environ Sciand Health B* 42: 79-95.
- Situmeang, Y.P. 2017. Agronomic Effectiveness of Bamboo Biochar on Corn Cultivation in Dryland. *J. Biol. Chem. Research*. Vol. 34, No. 2: 704-712.
- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R. 2009. Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO Land and Water Science Report* 05/09. Soil Survey Staff. 2014. *Keys to soil taxonomy*. USDA. USA.
- Srinivasarao, C.H., Gopinath, K.A., Venkatesh, G., Dubey, A.K., Wakudkar, H., Purakayastha, T.J., Pathak, H., Jha, P., Lakaria, B.L., Rajkhowa, D.J., Sandip Mandal, Jeyar Aman, S., Venkateswarlu, B., and Sikka, A.K. 2013. Use of Biochar for Soil health management and greenhouse gas mitigation in India: Potential and constraints, Central Research Institute for Dryland Agriculture, Hyderabad, Andhra Pradesh, 51p.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., De Macêdo, J.L.V., Blum, W.E.H., Zech, W. 2007. Long Term Effects of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on Crop Production and Fertility on A Highly Weathered Central Amazonian Upland Soil. *Plant and Soil* 291:275-290. [http://dx.doi.org/ 10.1007/s11104-007-9193-9](http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9).
- Sukartono and Utomo, W.H. 2012. The Role of Biochar as A Soil Amendment in Maize Cultivation on Tropical Loam Soil (Sandy Loam) of Tropical Semiarid of Lombok. *Buana Sains* 12 (1) : 91-98 (in Indonesian).
- Tambunan, Sonia., Siswanto, B., dan Handayanto, E. 2014. Pengaruh Aplikasi Bahan Organik Segar dan Biochar Terhadap Ketersediaan P Dalam Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, Vol. 1, No. 1: 85-92.
- Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, D. 1994. The Role of Soil Organic Matter in Sustaining Soil Fertility. *Nature*, v.371, p.783-785.
- Uzoma, K.C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., Nishihara, E. 2011. Effect of Cow Manure Biochar on Maize Productivity Under Sandy Soil Condition. *Soil Use Manag*, 27,

- 205–212.
- Wang, J., Xiong, Z., Kuzyakov, Y. 2016. Biochar stability in soil: meta-analysis of decomposition and priming effects. *GCB Bioenergy*. 8: 512-523.
- Wang, Y., Zhang, L., Yang, H., Yan, G., Xu, Z., Chen, C., Zhang, D. 2016. Biochar Nutrient Availability Rather than Its Water Holding Capacity Governs The Growth of both C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Plants. *J Soils Sediments* 16: 801–810.
- Widowati and Asnah. 2014. Biochar Effect on Potassium Fertilizer and Leaching Potassium Doses for Two Corn Planting Seasons. *Agrivita Journal Agriculture Sciences*, 36 (1): 65-71.
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T., and Karamina, H. 2017. Characterization of Biochar Combination With Organic Fertilizer: The Effects on Physical Properties of Some Soil Types. *Bioscience Research*, 2017 14(4): 955-965.
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T., and Karamina, H. 2017. Characterization of Biochar Combination With Organic Fertilizer: The Effects on Physical Properties of Some Soil Types. *Bioscience Research*, 14(4): 955-965.
- Widowati, Utomo, W.H., Soehono, L.A. and Guritno, B. 2011. Effect of Biochar on the Release and Lossof Nitrogen from Urea Fertilization. *Journal of Agriculture and Food Technology*, 1: 127-132.
- Widowati. Asnah, W. H. Utomo. 2014. The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Land Management* 2 : 211-218.
- Windeatt, J. H., Ross, A. B., Williams, P. T., Forster, P. M., Nahil, M. A. and Singh, S. 2014. Characteristics of Biochars From Crop Residues: Potential for Carbon Sequestration and Soil Amendment. *Journal of Environmental Management*, No. 146: 189-197. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.08.003>.
- Xu, C.Y., Hosseini-Bai, S., Hao, Y., Rachaputi, R.C., Wang, H., Xu, Z., Wallace, H. 2015. Effect of biochar amendment on yield and photosynthesis of peanut on two types of soils. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 22: 6112-6125.
- Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M. and Zimmerman, A.R. 2012. Effect of biochar amendment on sorption and leaching of nitrate, ammonium, and phosphate in a sandy soil. *Chemosphere* 89 : 1467–1471.
- Yu C, TangY, Fang M et al. 2005. Experimental study on alkali emission during rice straw pyrolysis. *J Zhejiang Univ Eng Sci* 39: 1435-1444.
- Zwieten VL, Kimber S, Morris S, Chan YK, Downie A, Rust J. 2010. Effect of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil* 327:235–246.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Instrumen File pdf Artikel yang telah dipublikasi



Available online freely  
at [www.isisn.org](http://www.isisn.org)

## Bioscience Research

Print ISSN: 1811-9506

Online ISSN: 2218-3973

*Journal by Innovative Scientific Information & Services Network*



RESEARCH ARTICLE

BIOSCIENCE RESEARCH, 2017 14(4): 955-965.

OPEN ACCESS

## Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types

Widowati, Sutoyo, Taufik Iskandar, and Hidayati Karamina

Agrotechnology Department, Agriculture Faculty, Univerisity of Tribhuwana Tungga Dewi Malang, East Java, Indonesia

\*Correspondence: [widwidowati@gmail.com](mailto:widwidowati@gmail.com) Accepted: 10 Sep. 2017 Published online: 10 Dec. 2017

Variability of biochar, organic fertilizer as well as soil type characteristics may causes different physical properties of the soil. The research aims to examine the characteristics of biochar and organic fertilizer on the physical properties of some soil in dry land in Malang Regency. Incubation was conducted in greenhouses using three types of infertile soils and low productivity consists of lithosol, mediteran (clay) and regosol (sandy-loam). Twelve different treatments contain biochar (from rice husk, corncob and crook-cigarette industry byproduct), and organic fertilizer (single or combination of compost or dung) include controls was examined. Biochar-organic fertilizer mixed with soil (3.85 kg) at 150 g pot<sup>-1</sup> (single) and 75 g pot<sup>-1</sup> (combination) incubated at 70-80% field capacity. The physical properties of the soil were observed after 98 days incubation. The results showed that combination of biochar-organic fertilizer may greatly improve physical properties of soil. Corncob biochar - dung in litosol increase porosity (14%) and macro pore (21-24%). Crooked biochar - compost increased porosity (21%) and macro pore (64%) in mediteran but decreases micro pore (25.4%) from 28.3% to 21.1%. Crooked biochar could decrease meso pit of lithosol (56%) from 11.5% to 5.0%. Meso pores decreased respectively at 33% and 49% which is from 17.4% to 11.7% (corncob biochar) and 8.7% (rice husk biochar) in mediteran. Micro pore reduced 12% by combination of husk biochar – dung as well as corncob biochar – compost in lithosol . Biochar-dung in regosol could increase meso pores 28.4%) from 9.6% to 13.4%, but the macro pore decreased 21%.

**Keywords:** physical properties of soil, porosity, macro and micro pore.

## INTRODUCTION

South Malang was the third largest area in East Java which is mostly contain by dry soil (Widowati et al. 2015). Dry soil was the mainly problem which is disturbed the plant sorption of the nutrients and may influence in soil productivity. Improvement of soil physical properties should be carried out in order to obtain the optimum quality. Soil texture is the most factors which is affect the organic matter content and water existance. The amount of clay was essential to hold the important organic matter and create soil fertility, indicates that organic materials volatile and stable are contribute to the soil properties. Sutono and Nurida (2012), Sukartono and Utomo (2012); Yu et al. (2013), has demonstrated that biochar improves the ability of soil to hold water. It is worthwhile to increase water existance in sandy soils as well as reducing the water in clay soils. Sandy soil lead the oxidation of the organic matter and easier to throughout, in other hand much water and aeration hampered the oxidation. Soil organic matter content may also influence by cover vegetation and the presence of lime.

Water content, soil texture, soil structure, organic matter, and topography was influenced in particle density. More organic matter in the soil will increase pore space and minimize the density. At the same volume organic matter is lighter than soil solids, and it may affect to the density of soil particles and soil moisture content. Biochar has been reported to improve physical properties eg groundwater retention, hydraulic conductivity (Oguntunde et al, 2008; Asai et al, 2009).

Soil moisture was affect into photosynthesis, transpiration-assimilation, chemical reaction, mineral and organic corrosion as well as a media of the nutrients motion. Excessive moisture might cause the nutrients washed out on the root and lifting salt was dissolved into upper layer in high evaporation. Similarly, excessive water may block air circulation which is induced no oxygen condition for the roots then crop may be deaths. Previous study has reported that plant growth and agronomic performance depend on biochar characteristics and concentrations as well as the types of soil and plant species (Glaser et al, 2012). Variability of biochar characteristics such as permanently carbon, surface area, ashes, nutrient, and pH and cation exchange capacity was found due to raw material properties and process condition (Manya, 2012). No specific studies have been carried out for vary of biochar type and organic fertilizer to addressing the soil fertility, whether in single or mixed applications. Various process conditions may cause tough to compare the results consider the effects of biochar characteristics. There are limited studies for biochar and organic fertilizer application into soil and the effect on physical properties. The study aims to characterize biochar-organic fertilizers applicate into soil types as well as soil physical properties that implicate the suitability of biochar and organic fertilizers as an amandment to gain the soil fertility

## MATERIALS AND METHODS Soil

Composite sample 0-30 cm consist of litosol (entisol order) was taken from dry land in Southern Malang Regency, Purwodadi Village, Donomulyo Subdistrict, Sukowilangun Village, Kalipare Subdistrict, and Sumberrejo Village, Poncokusumo Subdistrict. Donomulyo District is located at 112 ° 23'30 " - 112 ° 29'64" BT and 8 °

16'75 " - 8 ° 19'81" LS. Ground material of Litosol came from igneous rock or hard sediment which is

has not weathering process perfectly and may lead the infertile and low productivity so that might not use for agriculture. This soil were located in Kalipare Sub-district is 21,950 - 29,610 BT and 9,400 - 16,480 LS with Red and Yellow Mediteran soil consist of Afisol Order. Kecamatan Poncokusumo, approximately 24 km from the capital district, consists of Regosol land Entisol Order. The soil may cause dry growth of vegetables due to sandy loam condition and low nutrients contents.

Air dry- ground samples at room temperature with moisture content of 0.34 g g<sup>-1</sup> (Regosol); 0.5 g g<sup>-1</sup> (Litosol); And 0.61 g g<sup>-1</sup> (Mediteran) (Soil Laboratory Survey Manual Method, 2004). Pipette method was used to particle sizing distribution and potassium dichromate used to oxidize the soil organic carbon. Sample ring used to weight the content, particle, and porosity. pF curve gravimetrically at 0; 2; 4.2 used to determine the percentage of ground pore space based on calculation (pF curve is not presented in this paper, please contact the author).

## Biochar production

Raw materials are produced from rice husks, corncobs, and crooked (tobacco industry byproduct). Biochar rice husks and corncobs are produced at 350 – 500°C for 4 hours by fixed bed pyrolysis equipment equipped with a separator system connected to the condenser. The

production was conducted at the Bioenergy Laboratory of Tribhuwana Tunggal University Malang. Biochar crooked produced at temperature 700°C for 15 minutes by ethanol pyrolysis tools at PT. Gudang Garam, Tbk. Raw husk obtained from commercial rice mills PT. International Branch of Kediri.

#### Characteristic of biochar and organic fertilizer

Biochar characterization such as bulk density was carried out by using FCO method (1985), 1120.37 '41" BT) was applied for the treatment, with

36°C, relative humidity of approximately 43-86%, and light intensity about 365-1997 lux. Treatment consists of 2 factors, first is soil type (Regosol, Litosol and Mediteran). The second factor is combination both biochar and organic fertilizer with 12 treatments. Biochar and organic fertilizer distribution into each soil repeated three times, so totally treatment 108 pots. Each soil sample was placed into a plastic pot (18 cm diameter and 25 cm high). Biochar corn cobs are ground to be <2 mm, whereas biochar crooked tobacco and biochar rice husk were applied directly.

3.85 kg of soil mixed with 150 g of biochar or organic fertilizer according to treatment with ratio of biochar-organic fertilizer is 1 : 1 applied in 4% w/w and 1.2 mg/m<sup>3</sup> of bulk density (similar to field conditions). Soil weights of biochar and or organic fertilizer per each pot were up to 4 kg. Ring sample (5 cm in diameter and 5 cm in height) was immersed up to 15 cm from the top soil surface to measure the physical properties of the soil. This is equivalent to the biochar and / or organic fertilizer alteration which raised up to 9.6 ton ha<sup>-1</sup> in 20 cm layer. During incubation, groundwater was maintained at 0.11-0.18 g g<sup>-1</sup> (equivalent to 70 - 80% of field capacity) using 1 liter of water added every 21 days. 70 - 80% of water content were used to get dry conditions. Then the physical properties was measured at the end of 98 days incubation to assess the effect of changes in biochar and or organic fertilizer.

#### Statistic analysis

This research uses nested design, factor 1 (Nest) is a type of soil, namely the land of Regosol, Litosol and Mediteran and factor 2 (the nested) is biochar and organic fertilizer, namely: Control : without biochar or organic fertilizer

water holding by AOAC method 19<sup>th</sup> Ed., 2012, method 969.05; Total C was determined by the Gravimetric method and particle size (ASTM) was measured using mechanical method. Then the organic fertilizers were analyzed using AOAC (2010) standard procedures.

#### Biochar and organic fertilizer incubation into soil

Greenhouse at the Tribhuwana Tunggal University, Malang, Indonesia (7,48 '50 "BS and mean annual temperatures in range 16°-

#### Soil characteristic

Characteristics of each soil types are shown in Table 1 below. Clay textured up to 86%, sand fraction and very low organic carbon was contained in Regosol. Clay textured in both litosol and mediterans respectively 65% and 76%. Organic carbon soil is low in lithosol and very low in mediteran. All of those soils have low C / N which is have low pH (mediteran and regosol) to medium pH (litosol).

**Table 1. Soil characterization**

Parameter	Litosol	Mediteran	Regosol
Organic C (%)	1.36	0.72	0.48
pF 0 (cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0.51	0.56	0.32
pF 2 (cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0.36	0.40	0.15
pF 4.2 (cm <sup>-3</sup> cm <sup>-3</sup> )	0.29	0.30	0.10
Macro pore(%)	15	16	17
Meso pore (%)	7	10	5
Micro pore (%)	29	30	10
BJ (g cm <sup>-3</sup> )	2.46	2.49	2.12
DMR (mm)	1.27	1.13	0.56
Sand (%)	11	9	86
Ash (%)	24	15	3
Clay (%)	65	76	11
Texture	Clay	Clay	Sand clay

#### Physical characteristic of biochar and organic fertilizer

Table 2 represent the physical characteristics of biochar and organic fertilizer which are followed corncob biochar > biochar crooked tobacco > biochar husk. More over the value of organic carbon from dung was bigger compost. The lowest of carbon and the highest of ash content was raised in rice husk biochar, on the other hand, highest carbon content and lowest ash on

S : Rise husk biochar  
 T : Corncob biochar  
 J : Crooked (tobacco) biochar  
 SA : Rise husk biochar – dung  
 SK : Rise husk biochar – compost  
 TA : Corncob biochar – dung  
 TK : Corncob biochar – compost  
 JA : Crooked biochar – dung  
 JK : Crooked biochar – compost  
 A : Dung  
 K : Compost

Two Way ANOVA was used to analyzed then followed by DMRT (Duncan Multiple Range Test) and also correlation and regression analysis

## RESULTS AND DISCUSSION

corncob biochar.

Ender et al. (2012) reported that high ash in the biochar may led low fixed carbon content due to the high ash content inhibits carbon formation. There was significant effect ( $p < 0.05$ ) of raw materials and temperature on agronomic properties of biochar. The ash content in this study raised 24 -53% which is had the same range with previous study reported by Muhammad et al. (2014) that the biochar ash content ranged between 25-52% and ash content significantly ( $p < 0.05$ ) along with increasing temperature. The pyrolysis temperature and the raw materials have a significant impact on the chemical properties of biochar.

Water holding capacity depends on biochar and organic fertilizer which have result for biochar

rice husk > corncob biochar > dung > biochar crooked tobacco > compost. Downie et al. (2009) and Sohi et al. (2010) conveying the surface area and porosity of biochar under different pyrolysis temperatures have significant potential effect on water holding capacity, adsorption capacity (particle ability to stick to the biochar surface) and nutrient retention capability.

Bulk density of biochar rice husk, corncob, and tobacco crooked respectively 0.65; 0.27; and 0.31 g cm<sup>-3</sup>. According to Ammu and Anitha (2015), low of weight, porosity and high water holding capacity make biochar suitable for nutrient and water management.

Biochar pores are higher than organic fertilizers pore (Table 2). Distribution of grain particles using 30 meshes and 18 mesh shown was greatly raised on crooked biochar. The opposite result was measured when 325 mesh and 60 mesh was used, corncob biochar particle raised the highest one. The particle size of biochar is produced from pyrolysis (temperature and residence time in the furnace) of organic matter which depends on physical properties of material origin (Gaskin et al, 2008).

#### **The effects of biochar combination with organic fertilizer on the physical properties of some soil types**

Physical properties alteration as response of the combination of biochar and organic fertilizer applied in some soil type were analyzed. The combination was greatly influence for the content weight, particle weight, porosity, and soil pore (macro, meso, and micro) contents with significant value  $\alpha (= 0.05)$  (show in Table 3 – 8 below).

#### **The content weight**

Generally, the provision of biochar and organic fertilizer decreases the content weight in the three soil types, however it may not be occur on the rest of some soil types. Brady and Weil (2004) has reported that biochar has a much lower bulk density than mineral soils in the tropics (~ 0.3 mg m<sup>-3</sup> for biochar compared to the volume weight of 1.3 mg m<sup>-3</sup>) which is desirable for growth plantation. Moreover, the soil strength reduced by biochar applications (Chan et al, 2007). The provision of organic matter trigger the aggregation created a pore space which is could decrease of particulate solid particles, implicate to reduce soil compaction and make the roots easier through the soil. The treatment also affect in the difference of the lowest weights for three soil type. Regosol has the lowest content weights using rice husk biochar

treatment and the same time raised the highest Bulk density. Three types of biochar given the same content weight when treated in lithosol. the weight of the soil content is lower than if only using a single biochar. While organic fertilizer combined to the biochar, it would have lower content weight of lithosol compared with only biochar specifically 16% and 7%. Application of corncob biochar – dung, rise husk biochar – compost and rise husk – dung on mediteran implied the same content weight which is decreases into 17 - 26%.

#### **The particle weight**

The particle weight of regosol increases with the combination corncob biochar - dung as well as crooked biochar - organic fertilizer (compost or dung). The highest particle weight in lithosol was raised when it is treated with corncob and/or crooked biochar – dung combination. Similarly, the highest particle weight in mediteran was obtained when treated by crooked biochar – dung. Rough textured have a lower water holding capacity compared with the opposite textured. Organic matter level also affects in soil aggregation which is turn to the particle weight, content weight, and pore space in the soil.

#### **Porosity**

Almost all of the treatments did not decrease the porosity of the soil regosol in this study, even increased with rice husk biochar. Porosity of regosol increased by 8%, from 57% (control) to 62% (rice husk biochar). Moreover, porosity increased after treated the biochar-organic fertilizer on lithosol and mediteran land. The best treatment for increasing the porosity of clay comes from a combination of biochar and organic fertilizer. Combination of corncob biochar – organic fertilizer increases porosity of lithosol by 14%, while the crooked biochar - compost increases porosity of mediteran by 21%. Asai et al. (2009) has reported that biochar has a high total porosity and could store water in the pores implied high nutrient availability. However, combination of types of biochar - organic fertilizers indicate distinct respond to clay-textured due to different sand, dust, clay and organic C content (Table 1) which is similarly with the characteristics of biochar and organic fertilizer (Table 2). Ammu and Anitha (2015) stated that the highest porosity of wild wood biochar resulted in significantly higher water holding capacity into the clay-textured.



**Table 2. Physical characteristic of biochar and organic fertilizer**

Parameter	Karakteristik Biochar dan Pupuk Organik				
	Rce husk biochar	Corn cob biochar	Crooked Biochar	Dung	Compost
Water retention (%)	326,04	249,6	143,7	213,38	111,68
Bulk Density (gram/cm <sup>3</sup> )	0,65	0,27	0,31		
Volatile matter (%)	42	75	66		
Particle size (%)					
- 325 mesh(0,044 mm)	2,70	0,8	0,55	0,15	0,2
- > 60 mesh (0,250 mm)	16,75	14,25	4,9	3,05	7,6
- 30 mesh(0,595 mm)	42,60	54,2	79,9	10,55	22
- 18 mesh (1,00 mm)	68,15	70,8	94,9	20,95	36,2
Total C (%)	29,8	45,6	40		
Organic C (%)				25,02	15,58
Ash (%)	53,4	23,6	32,8		

Note: It was analyzed at PT Sucofindo Surabaya joint with PT Gudang Garam, Tbk Gempol Pasuruan

**Table 3. The content weight in regosol, litosol, and mediteran**

Treatment	The content weight of the soil (g cm <sup>-3</sup> )											
	Regosol				Litosol				Mediteran			
Kontrol	1.015	±	0.022	c	0.832	±	0.011	c	0.924	±	0.074	e
S	0.923	±	0.016	a	0.772	±	0.026	b	0.735	±	0.107	bc
T	0.962	±	0.037	ab	0.778	±	0.016	b	0.687	±	0.028	a
J	0.966	±	0.017	abc	0.767	±	0.005	b	0.808	±	0.023	d
SA	0.955	±	0.038	ab	0.699	±	0.026	a	0.697	±	0.026	a
SK	1.001	±	0.006	b	0.711	±	0.008	a	0.771	±	0.040	c
TA	1.013	±	0.046	c	0.689	±	0.022	a	0.710	±	0.034	ab
TK	0.972	±	0.017	abc	0.726	±	0.007	ab	0.790	±	0.010	c
JA	0.999	±	0.043	bc	0.720	±	0.010	ab	0.760	±	0.030	c
JK	0.960	±	0.053	ab	0.677	±	0.010	a	0.682	±	0.004	a
A	1.016	±	0.025	c	0.711	±	0.005	a	0.679	±	0.002	a
K	0.960	±	0.009	ab	0.823	±	0.041	c	0.771	±	0.039	c

Note : difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT, α 5%)

**Table 4. The particle weight of regosol, litosol and mediteran**

Treatment	The particle weight (%)								
	Regosol			Litosol			Mediterran		
<b>Kontrol</b>	57.117		ab	63.924		a	58.582	± 2.842	a
<b>S</b>	61.598	± 0.996	d	65.816	± 1.329	ab	66.088	± 5.196	cd
<b>T</b>	58.536	± 0.310	ab	67.764	± 1.049	bc	68.911	± 1.204	d
<b>J</b>	57.874	± 2.709	ab	66.813	± 0.957	abc	62.372	± 1.232	b
<b>SA</b>	59.524	± 0.922	bc	70.243	± 0.664	d	70.872	± 1.086	de
<b>SK</b>	56.149	± 2.779	ab	67.580	± 1.172	bcd	66.180	± 1.987	cd
<b>TA</b>	58.042	± 0.189	ab	72.884	± 0.329	e	68.471	± 1.554	de
<b>TK</b>	58.190	± 1.515	ab	69.220	± 1.025	cd	65.197	± 0.952	c
<b>JA</b>	58.803	± 0.356	bc	69.239	± 1.808	cd	70.476	± 1.304	de
<b>JK</b>	60.555	± 2.138	cd	71.448	± 0.113	de	71.157	± 0.462	e
<b>A</b>	55.117	± 4.501	a	68.971	± 1.131	cd	70.541	± 0.292	de
<b>K</b>	58.628	± 0.907	bc	65.313	± 1.282	ab	66.907	± 2.193	c

Note: difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT,  $\alpha$  5%)

Macro pore implied rapid drainage pores so that need decreasing of macro pore specially in regosol. Combination biochar and dung show the best result to decreased the macro in sandy soil, amounted to 21.4% from 37.3% to 29.3%. Lower macro pore almost got when dung fertilizer was applied compared to the three types of biochar - compost (Table 2), which is it may be more suitable for sandy soil. decline of macro pore is very important in sandy soil pores, as well as meso or micro pore increases so that water retention would be increased and could be utilized effectively.

In contrast, all treatments increase the macro pore of the mediterranean (clay-textured). Combination of crooked biochar – compost have significantly increased of the macro pore by 179% from 13% to 36%. This condition may not be same in the other combination when applied in litosol. Rice husk and corncob biochar gave the same effect to increase macro pore on litosol soil. The use of crooked biochar – dung combination shows better macro pore than a single-use biochar jengkok. The use of rise husk biochar – dung and corncob biochar – dung amendment

gave higher macro pores than single treatment (biochar only) in lithosol which is the pore increase of 28%, from 32% to 45%. This condition was greatly affect for root respiration.

There is a marked correlation both the content weight and the percentage of macro pores in the three soil types within the Rvalue = - 0.807 (regosol); R = - 0.454 (litosol); R = -0.873 (mediteran). The result shown that the R2 value of 0.65 (regosol); 0.21 (litosol) and 0.76 (mediterranean) indicate. The content weight would be increased when the macro pore declined.

Meso pores gave higher water retention into the soil. In this study, the meso pore increased 28%, from 9.6% (control) to 13.4% (biochar and organic fertilizer) on sandy soils. Purakayastha et al. (2013) reported that the water capacity raised high value when rise husk biochar (561%) and corncob biochar (456%) was used. It further conveyed that the porosity was increased the surface area threefold and may affect to water retention in the soil.

**Table 5. Porosity in regosol, litosol, and mediteran**

Treatment	Porosity (%)											
	Regosol				Litosol				Mediteran			
Kontrol	57.117	±	0.996	ab	63.924	±	1.329	a	58.582	±	2.842	a
S	61.598	±	0.310	d	65.816	±	1.049	ab	66.088	±	5.196	cd
T	58.536	±	2.709	ab	67.764	±	0.957	bc	68.911	±	1.204	d
J	57.874	±	0.922	ab	66.813	±	0.664	abc	62.372	±	1.232	b
SA	59.524	±	2.779	bc	70.243	±	1.172	d	70.872	±	1.086	de
SK	56.149	±	0.189	ab	67.580	±	0.329	bcd	66.180	±	1.987	cd
TA	58.042	±	1.515	ab	72.884	±	1.025	e	68.471	±	1.554	de
TK	58.190	±	0.356	ab	69.220	±	1.808	cd	65.197	±	0.952	c
JA	58.803	±	2.138	bc	69.239	±	0.113	cd	70.476	±	1.304	de
JK	60.555	±	4.501	cd	71.448	±	1.131	de	71.157	±	0.462	e
A	55.117	±	0.907	a	68.971	±	1.287	cd	70.541	±	2.092	c
K	58.628	±	0.327	bc	65.313	±	1.365	ab	68.307	±	2.193	c

Note: difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT,  $\alpha$  5%)

**Table 6. The percentage of macro pores in regosol, litosol and mediteran**

Treatment	Macro pore (%)											
	Regosol				Litosol				Mediteran			
Kontrol	37.345	±	5.501	b	32.359	±	1.744	a	13.010	±	2.580	a
S	38.556	±	0.483	b	36.476	±	0.862	b	27.512	±	1.875	cd
T	35.616	±	3.107	ab	36.932	±	2.576	b	33.022	±	3.434	d
J	35.159	±	1.040	ab	26.334	±	1.402	a	18.818	±	2.159	ab
SA	37.533	±	3.865	b	45.128	±	4.873	c	34.881	±	1.972	de
SK	31.980	±	0.376	ab	27.799	±	3.359	a	24.489	±	3.178	b
TA	31.888	±	4.780	ab	44.794	±	1.791	c	31.480	±	3.542	de
TK	35.050	±	0.118	ab	37.015	±	4.763	b	22.987	±	1.610	bc
JA	35.031	±	3.122	ab	35.407	±	3.623	b	28.991	±	3.880	cd
JK	37.935	±	5.449	b	40.087	±	2.287	bc	36.339	±	2.036	e
A	29.386	±	0.686	a	37.130	±	3.047	b	28.210	±	1.305	cd
K	35.617	±	0.741	ab	31.869	±	3.237	a	28.347	±	4.630	cd

Note: difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT,  $\alpha$  5%)

Three types of whether in biochar - organic fertilizers combination or a single-use of biochar was increased the meso pore in sandy soil. This result are in line with Atkinson et al, (2010); Sutono and Nurida (2012); and Suwardji et al., (2012) which were reported that biochar effectively improves groundwater retention in sandy soils. The water available upto 16% specific in biochar-dung (cattla manure) (Sukartono and Utomo (2012) .The particle size distribution reflects to the pores and indicate that using biochar might increase the meso pore and surface

area of the soil texture than organic fertilizers in single-uses in sandy soil. Granulator may also contribute to the aggregation and make crumb structure organic material which is could increase water retention in to the soil.

Meso pores decreased respectively at 33% and 49% from 17.4% (control) to 11.7% (corn cob biochar) and 8.7% (rise husk biochar) on mediteran . Further meso pores also decreased using rise husk biochar - dung combination and corn cob biochar but it could not influence using biochar – compost combination. The use of

single-use of biochar both rise husk and/or corncob was decreased meso pore effectively than combine with dung. Crooked biochar whether in single-use or combined with dung may not affect to decrease meso pore, whereas gave some alter when crooked biochar - compost was trested in mediteran.

Different affect of crooked biochar application in both mediteran and litosol even there have same textured (clay) especially in meso pore. Litosol contain organic carbon two times as large as in mediteran, however the clay and meso pore levels of the lithosol are lower than the mediterane (Table 1). Crooked biochar may decrease meso pore 56% from 11.5% to 5.0% in lithosol, while that is may not influence in mediteran. Crooked biochar has low water holding capacity (143.7%) with particle size approximately 0.044 mm and 0.25 mm. It form are lower than the other biochar with particle size approximately 0.595 and 1 mm. Another of biochar useful also shown that there may not influence for meso pore in litosol. There was a marked correlation both the content weight and the percentage of meso pores with  $R = 0.371$  (regosol) and  $R = 0.578$  (mediteran), whereas in lithosol did not show any real correlation.  $R^2$  value of 0.14 (regosol) and 0.33 (mediteran)

The micro pore indicates slow drainage pore which is determines high value of water retention. Provision of biochar - organic fertilizer combination has not an effect on increasing the percentage of micro pore even it's applied in sandy soil. In the other hand, all treatment may affect in micro pore when its applied in mediteran, except rise husk biochar. The use of crooked

biochar – compost and single-use of dung might decrease the micro pores at 25.4% from 28.3% to 21.1% in mediteran. Other treatments also affect in meso pore decline at 14.9% from 28.3% to 24.1% in mediteran. Decrease of percentage of micro pore in mediteran was useful to reduce excess water content that disturbs of air circulation in the soil. The addition of organic matter plays a role for clay aggregation so that air circulation runs better. The use of three types biochar could affect whether increase or decrease the micro pore in litosol soil. Rise husk and corncob biochar might decreased the micro pore at 11.9% from 20.2% to 17.8% in lithosol, but the different condition was found when crooked biochar could gave increased the micro pore at 22.9% from 20.2% to 26.2% in lithosol. Crooked biochar has the lowest water retention and particle size (0.044 mm and 0.250 mm) but contain the highest particle size (0.595 mm and 1 mm) compared to other biochar.

The three types of biochar - dung can decrease the micro pores, but may not gave significantly affect when combined with compost in lithosol. The micro pore decline in clay implicated the reduction due to excess water which prevents air circulation. It thus might cause limited oxygen on the root followed by the death of the plant. There is a marked correlation between the contents weight of the clay soil with the percentage of micro pore with the value of  $R = 0.557$  (litosol) and  $R = 0.536$  (mediteran). The value of  $R^2$  is 0.29 (mediteran) and 0.31 (litosol) but on sand the correlation may not gave their influence.

**Table 7. The percentage of meso pore in regosol, litosol and mediteran**

Treatment	Meso pore (%)											
	Regosol				Litosol				Mediteran			
Kontrol	9.614	±	4.262	a	11.456	±	1.166	bc	17.422	±	2.663	c
S	13.834	±	0.228	b	11.063	±	1.207	bc	8.783	±	5.935	a
T	12.328	±	0.738	ab	13.072	±	1.865	bc	11.718	±	2.943	a
J	12.791	±	0.199	ab	5.038	±	6.068	a	18.123	±	2.230	c
SA	12.231	±	0.979	ab	11.785	±	1.180	bc	12.787	±	1.453	b
SK	13.124	±	0.205	b	12.001	±	6.130	bc	18.256	±	0.905	c
TA	13.915	±	1.855	b	13.439	±	0.463	bc	12.065	±	2.540	b
TK	12.387	±	0.375	ab	11.498	±	2.040	bc	17.272	±	0.648	c
JA	13.838	±	1.016	b	12.855	±	1.720	bc	18.182	±	0.769	c
JK	12.866	±	1.029	ab	14.401	±	1.195	c	13.586	±	1.424	b
A	15.869	±	0.523	b	13.964	±	2.848	bc	15.748	±	0.248	bc
K	14.198	±	0.280	b	10.844	±	1.989	b	12.999	±	2.613	b

Note: difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT,  $\alpha$  5%)

**Table 8. The percentage of micro pore in regosol, litosol and mediteran**

Treatment	Micro pore (%)											
	Regosol				Litosol				Mediteran			
<b>Kontrol</b>	10.171	±	0.297	bc	20.229	±	0.686	d	28.323	±	0.587	e f
<b>S</b>	8.933	±	0.116	a	17.745	±	0.441	c	29.827	±	0.756	bc
<b>T</b>	10.802	±	0.343	bc	17.836	±	0.284	c	24.198	±	0.723	d
<b>J</b>	9.982	±	0.031	b	26.192	±	0.731	f	25.167	±	1.259	b
<b>SA</b>	9.929	±	0.123	b	14.911	±	1.136	a	23.300	±	0.608	b
<b>SK</b>	10.934	±	0.114	bc	21.102	±	0.176	e	23.310	±	0.598	cd
<b>TA</b>	11.002	±	0.004	c	14.670	±	0.571	a	24.731	±	0.466	cd
<b>TK</b>	10.773	±	0.392	bc	19.226	±	0.689	d	24.820	±	0.312	b
<b>JA</b>	9.984	±	0.027	bc	18.844	±	0.270	d	23.122	±	2.186	a
<b>JK</b>	9.951	±	0.084	b	14.817	±	0.316	a	21.129	±	0.224	a
<b>A</b>	9.862	±	0.240	b	15.759	±	0.672	b	21.047	±	0.082	d
<b>K</b>	9.023	±	0.040	b	21.761	±	0.413	e	25.864	±	0.236	

Note: difference notation indicate the use of different fertilizer (analyzed by DMRT,  $\alpha$  5%) (14%) similarly in mediteran (21%).

## CONCLUSION

Applied rise husk biochar gave the highest percentage to reduce the contents weight and increase porosity of regosol. Treatment using biochar – dung combination is better than single-use of biochar to decrease the content weight in litosol. Single-use of corncob biochar, rise husk biochar - dung, crooked biochar - compost, and crooked biochar – dung gave lower the content weight in mediteran.

The lowest content weight was given whne rise husk bio char (single-use) was treated in regosol. Lower content weight decline was found in litosol when combination of biochar – organic fertilizer were treated rather than the single use of biochar 16% and 7% respectively. On mediteran soils, all treatments could decreased the content weight upto 17-26%.

The particle weights could be increased using a combination of biochar - chicken manure. Biochar types would determine for the particle weight alteration. All the treatments applied have not significantly decreased the particle weight and porosity in regosol. The highest particle weight was raised using corncob biochar – dung or crooked biochar – dung in litosol. Moreover, The highest particle weight in mediteran was raised using crooked biochar = dung.

Porosity decline was found in regosol using dung. Treatment using corncob biochar – dung combination increases the porosity of lithosol soil

Macro pore increased almost 3-fold using crooked biochar jengkok – compost combination in mediteran. Macro pore increased 21-24% using rise husk biochar combination or corncob biochar – dung combination in lithosol. However, the macro pore decreased 21% using single-use of dung with in regosol.

Meso pores decline on clay was determined by combination three biochar – organic fertilizer utilization. The highest meso pore decrease was obtained using crooked biochar treated in litosol as well as rise husk and corncob in mediteran. Biochar type determines meso pore alteration especially in clay-textured. Crooked biochar may decrease meso pore 56% from 11.5% to 5.0%. Meso pores decreased respectively 33% and 49% from 17.4% to 11.7% (using corncob biochar) and 8.7% (using rise husk biochar) in lithosol. The use of biochar and organic fertilizer on sandy soil can increase meso pores 28.4% from 9.6% to 13.4%.

7. The utilizatio of biochar and organic fertilizer combination has not been able to increase the micro pore on regosol soil. The largest decrease of micro pore 25% was raised using crooked biochar - compost combination and/or combined with dung in mediteran. The micro pore was reduced 12% using rice husk biochar – dung combination, corncob biochar – dung combination, and crooked biochar – compost combination treated in litosol. Treatment using crooked biochar – compost combination and/or crooked biochar – dung combination could

decrease micro pore 25.4% from 28.3% to 21.1% in mediteran.

### CONFLICT OF INTEREST

The authors declared that present study was performed in absence of any conflict of interest.

### ACKNOWLEDGEMENT

Many thanks to the Ministry of Higher Education Technology Research (Kementrian Riset dan Teknologi) which has funded Superior Research of Higher Education in 2017, PT Gudang Garam, tbk who has provided and analyzed biochar jengkok, and PT Bisi International which has provided corn cob waste.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

WDW designed and performed the experiments and also wrote the manuscript. STY designed experiment and reviewed the manuscript. TI performed main material production. HK performed the treatment and data analysis. All authors read and approved the final version.

---

### Copyrights: © 2017 @ author (s).

This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License \(CC BY 4.0\)](#), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

---

### REFERENCES

- Ammu, P and S. Anitha (2015). Production and characterisation of biochar from different organic materials. *Journal of Tropical Agriculture*. 53 (2), pp. 191-196.
- Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T, and Horie T (2009). Biochar amandement techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*. 111, pp. 81–84.
- Atkinson, C.J., J.D. Fitzgerald, and N.A. Hipps (2010). Potential mechanisms for chieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil*. 337, 1–18.
- Brady NC and Weill RR (2004). *Elements of the Nature and Properties of Soils* 2nd Ed. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River NJ. pp. 111-112.
- Chan KY, Van Zweiten L, Meszaros I, Downie A and Joseph S (2007). Assessing the agronomic values of contrasting char materials on Australian hardsetting soil. *Proceedings of the Conference of the International Agrichar Initiative*. Australia, Terrigal NSW.
- Downie A, Crosky A and Munroe P (2009). Physical properties of biochar. In *Biochar for environmental management science and technology* Eds. J Lehmann and S Joseph. Earthscan, London. Sterling VA, pp. 13-32.
- Enders A, Hanley K, Whitman T, Joseph S and Lehmann J (2012). Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Journal of Bioresour Technology*. 114, pp. 644-53.
- FCO [Fertilizer Control Order] (1985). *Fertilizer Association of India*. New Delhi. p. 202.
- Gaskin, J.W., Steiner, C, Harris, K, Das KC, Bibens, B (2008). Effect of low temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Transactions of the Asabe*. 51, pp. 2061–2069.
- Glaser, B., Johannes, L., Wolfgang, Z (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*. 35, pp. 219–230. Doi 10.1007/s00374-002-0466-4
- Kolb TE, Agee JK, Fule PZ, McDowell NG, Pearson K, Sala A and Waring RH (2007). Perpetuating old ponderosa
- Lehmann, J., da Silva, J.J.P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, pp. 249:343–357
- Manya JJ (2012). Pyrolysis for biochar purposes: a review to establish current knowledge gaps and research needs. *Journal of Environ Sciences Technology*. 46, pp. 7939 – 7954.
- Muhammad, AN, Muhammad, K, Muhammad, A, Rashid, A (2014). Yield And Nutrient Composition Of Biochar Produced From Different Feedstocks At Varying Pyrolytic Temperatures. *Pak. J. Agri. Sci.*, Vol. 51(1), pp. 75-82.
- Oguntunde PG, Abiodun BJ, Ajayi AE and Van de Giesen N (2008). Effects of charcoal

- production on soil physical properties in Ghana. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*. 171, pp. 591–596.
- Purakayastha, T.J., Pathak, H. and Savita, K (2013). Effect of feedstock on characteristics of biochar and its impact on carbon sequestration in soil. In: *Proceedings of National seminar on current environmental challenges and possible solutions*, 15-16 February 2013, University of Delhi, pp 74-75.
- Sohi SP, Krull E, Lopez CE and Bol R (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Journal of Advances in Agronomy*. 105, pp. 47–82.
- Soil Survey laboratory Methods Manual (2014). United States Department of Agriculture.
- Sukartono dan Utomo (2012). Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir semiarid tropis Lombok Utara. *Buana Sains*, vol 12 no1, pp. 91-98.
- Sutono dan N.L. Nurida (2012). Kemampuan biochar memegang air pada tanah bertekstur pasir. *Buana Sains*, vol 12 no 1, pp. 45-52.
- Suwardji, Sukartono dan W.H.Utomo (2012). Kematapan agregat setelah aplikasi biochar di tanah lempung berpasir pada pertanaman jagung di lahan kering Kabupaten Lombok Utara. *Buana Sains*, vol 12 no 1, pp. 61-68.
- Yu Ok-You.R. Brian and S. Sam (2013). Impact of biochar on the water capacity of loamy sand soil.4:44.<http://www.journal.ijeee.com/content/4/1/44> (di download 24 Mei 2014).

## Lampiran 2. Biodata Ketua dan Anggota Tim Pengusul

### Biodata Ketua Peneliti

#### A. IDENTITAS DIRI

1	Nama	:	<b>Dr. Ir. Widowati, MP</b>
2	Jabatan Fungsional	:	Lektor Kepala
3	Jabatan Struktural	:	Dekan Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi
4	NIP	:	19650824 1993022001
5	NIDN	:	0024086506
6	NIRA	:	991110710611822008744
7	Nomor Registrasi Sertifikat Pendidik	:	11107106118220
8	Pangkat/ golongan	:	Pembina Tingkat I/ IV b
9	Tempat & tgl lahir	:	Manokwari, 24 Agustus 1965
10	Alamat rumah	:	Jl. Sasando 182 Malang
11	Nomor Telepon / Faxes	:	0341 – 485606
12	Nomor HP	:	0812 3313660
13	Alamat kantor	:	Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang
14	Nomor Telepon / Faxes	:	0341 – 565500/ 565522
15	Alamat Email	:	<a href="mailto:widwidowati@gmail.com">widwidowati@gmail.com</a>

#### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

No.	Program	S-1	S-2	S-3
1.	Nama PT	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya	Universitas Brawijaya
2.	Bidang Ilmu	Tanah	Ilmu Tanaman	Tanah dan Sumberdaya Alam
3.	Tahun Masuk-Lulus	1985-1989	1992-1994	2008-2011
4.	Judul Skripsi/ Tesis/ Disertasi	Pengaruh Penanaman Rumput Gajah secara Strip Diantara Pertanaman Jagung dan Kedelai terhadap Erosi dan limpasan Permukaan	Pengaruh Manipulasi Tajuk Jagung terhadap Pertumbuhan dan Hasil serta Efisiensi Penggunaan air pada Pola tanam Jagung dan Kedelai	Penggunaan Biochar untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan Nitrogen



5.	Nama Pembimbing /Promotor	Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo	Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo, Prof. Dr. Ir. Bambang Guritno	Prof. Dr. Ir. Wani Hadi Utomo, Prof. Dr. Ir. Bambang Guritno, Prof. Dr. Ir. Loekito Adi Suhono
----	---------------------------	-------------------------------	--	--

### C. PENGALAMAN PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2012	Pemupukan Kalium dengan Biochar Sampah Organik pada Hasil Jagung (TAHUN I)	PHB-DIKTI	50
2	2013	Pemupukan Kalium dengan Biochar Sampah Organik pada Hasil Jagung (TAHUN II)	PHB-DIKTI	50
3	2014	Upaya Perbaikan Tanah Terdegradasi dengan Aplikasi Biochar dan Perimbangan Pupuk N, P, K pada Hasil Tanaman Jagung (TAHUN I)	STRANAS-DIKTI	76.5
4	2015	Upaya Perbaikan Tanah Terdegradasi dengan Aplikasi Biochar dan Perimbangan Pupuk N, P, K pada Hasil Tanaman Jagung (TAHUN II)	STRANAS-Kemenristek-Dikti	85
5	2016	Upaya Perbaikan Tanah Terdegradasi dengan Aplikasi Biochar dan Perimbangan Pupuk N, P, K pada Hasil Tanaman Jagung (TAHUN III)	STRANAS-Kemenristek-Dikti	85
6	2017	Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering	PUPT-Kemenristek-Dikti	122.5
7	2018	Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering	PTUPT-Kemenristek-Dikti	115

### D. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Abdimas	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2018	Pkm Perbaikan Lahan Kritis Milik Petani Sekitar Wilayah Magersari Melalui Aplikasi Biochar Di Desa Jetak, Kecamatan Montong, Kabupaten Tuban	Kemenristek-Dikti	40

2	2016	IbM Pengrajin Batu Merah Berbahan Baku Sedimen Bendungan Sengguruh	Kemenristek-Dikti	50
3	2011	Penyusunan Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Pasuruan	Pemkot Pasuruan	35
4	2010	Penyusunan Pedoman Budidaya Tembakau Selopuro di Kabupaten Blitar	Disbun Pemprov Jatim	50

#### E. PUBLIKASI ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor
1	2011	Effect of biochar on the Release and Loss of Nitrogen from Urea Fertilization	Journal of Agriculture and Foot Technology, ISSN 2090 – 4223 <a href="http://www.textroad.com">www.textroad.com</a>	Volume 1, Number 7 July 2011
2	2012	The effect of biochar on the growth and N fertilizer requirement of maize (Zea mays L.) in green house experiment.	Journal of Agricultural Sciences, <a href="http://www.ccsenet.org/jas">www.ccsenet.org/jas</a>	4 (5) : 255 – 262.
3	2012	Pengaruh Biochar dan Pupuk Kaliun terhadap Serapan Dan Pencucian Kalium	Buana Sains	Vol. 12, No 1 : 83 – 90
4	2013	Aplikasi Biochar dan Dosis Pupuk Kalium pada Pertumbuhan dan Hasil Jagung	Berkala Ilmiah Agroteknologi PLUMULA ISSN : 2089-8010	Vol 2, No 2 Juli 2013, hal 127-137
5	2014	Biochar can enhance potassium fertilization efficiency and economic feasibility of maize cultivation	Journal of Agricultural Science ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760 Canadian center of science and education	Vol 6, No2 : 24 – 32
6	2014	Biochar effect on potassium fertilizer and leaching potassium dosage for two corn planting seasons	AGRIVITA Journal of Agricultural Science ISSN: 0126-0537 E-ISSN:2302-6766 <a href="http://www.agrivita.ub.ac.id">www.agrivita.ub.ac.id</a>	Volume 36, Number 1: 65-71
7	2014	The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize	Journal of Degraded and Mining Lands Management. Volume 2, Number 1 (October 2014): 211-218. ISSN: 2339-076X, <a href="http://www.jdmlm.ub.ac.id">www.jdmlm.ub.ac.id</a>	Volume 2, Number 1: 211-218 DOI:10.15243/jdmlm.2014.021.211

8	2014	Kelayakan Ekonomi Usahatani Jagung dengan kombinasi aplikasi biochar dan pupuk kalium	SEPA PS Agribisnis UNS ISSN: 1829-9946	Vol. 11, No. 1: 1-7
9	2015	Dekomposisi Dan Mineralisasi Kadar N Bokashi Pupuk Kandang Kotoran Ayam	Buana Sains	Vol 15 no. 2, 189 – 196
10	2016	Utilizing biochar to improve plants result and the availability of N, P, K on degraded soils	AGRIVITA Journal of Agricultural Science ISSN: 0126-0537 E-ISSN:2302-6766	Proses terbit
11	2016	Studi Kelayakan Usaha Pembuatan Bata Merah Berbahan Baku Sedimen Bendungan Sengguruh	Jurnal Akses Pengabdian Indonesia	Vol 1 No 1: 43 – 54
11	2017	Residual Effect Of Potassium Fertilizer And Biochar On Growth And Yield Of Maze In The Second Season	Journal of Degraded and Mining Llands Management, ISSN:2339-076X,e-ISSN:2502-2458	Vol 4, No 4, 2017p
12	2017	Pengaruh Pemberian Pupuk Petroganik Dan Kompos Pada Vertisol Bekas Galian Pembuatan Batu Bata Terhadap Serapan N Serta Pertumbuhan Tanaman Jagung	Buana Sains, vol 17 no.1	Hal 95 – 102
13	2017	The soil organic dynamics from types biochar-organic fertilizers and soil	Paper Konferensi Internasional	Submitted pada jurnal IOP (Nopember 2017)
14	2017	Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types	Bioscience Research	(pISSN: 1811-9506 eISSN 2218-3973), 2017, 14 (4):955-965 10 Des 2017, <a href="http://www.isisn.org">www.isisn.org</a>
15	2018	Dinamika Nitrogen Selama Inkubasi Biochar dan Pupuk Organik Pada Berbagai Jenis Tanah	Makalah pada seminar nasional	Proses terbit prosiding semnas tgl 21 September 2018
16	2018	Corn Yield Evaluation Of Biochars And Organic Fertilizers Application In Malang District	Spanish Journal of Soil Science	In Review

**F. PEMAKALAH SEMINAR ILMIAH (ORAL PRESENTATION) DALAM 5 TAHUN TERAKHIR**

No	Tahun	Nama Temu Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	2012	Seminar dan Konggres Nasional X HITI Tanah untuk kehidupan yang berkualitas ISBN 978-602-99713-2-3	Optimasi Dosis Biochar dan Pupuk Nitrogen terhadap Serapan Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman Jagung	30 Nopember 2012, UNS
2	2013	Seminar Hasil Penelitian Dosen UNITRI – Didanai dari Hibah Dana Dikti	Efisiensi Pemupukan Kalium dan Kelayakan Ekonomi Usahatani Jagung dengan Aplikasi Biochar	6 Desember 2013, UNITRI
3	2014	National Workshop on “ <i>Biochar for future food security: Learning from experiences and identifying research priorities</i> ” IRRI Limited Proceedings, No. 18. Los Banos (Philipinaes: International Rice Research Institute, 78 p. ISSN 1607-7776.	Evaluating the effects of biochar on Nitrogen absorption and nitrogen use efficiency in maize ( <i>Zea mays</i> L.)	4-5 Februari 2013, Bogor
4	2014	Seminar RAGI “Penguatan Ketahanan Pangan dalam Menghadap Perubahan Iklim” ISBN 978-602-72421-0-4	Respon tanaman jagung terhadap kombinasi dosis dan bahan biochar pada tanah terdegradasi	13 Nopember 2014, UNS
5	2014	Seminar Hasil Penelitian Tahun 2014	Penggunaan Biochar untuk Menekan Pencucian N dan K pada Pertumbuhan Jagung pada Tanah Terdegradasi	18 Juni 2014, UNITRI
6	2015	Seminar Nasional XI Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), Tanah untuk Kedaulatan Pangan, Air, Energi, Lingkungan	Evaluasi Kesuburan Tanah Dari Tingkat Aplikasi Dan Jenis Biochar Pada Tanah Terdegradasi	29-31 Oktober 2015, UB
7	2015	Seminar Hasil Penelitian tahun 2015	Dampak biochar pada serapan N, ketersediaan N, serta hasil jagung pada tanah terdegradasi	2 September 2015, UNITRI
8	2016	Konggres Asosiasi Biochar dan Seminar Nasional: Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lahan	Residu Hara Kalium Dan Biochar Pada Hasil Tanaman Jagung	2-3 Mei 2016, Univ. Panca Bhakti-Hotel Best Western,

		Sub Optimal untuk Mendukung Terwujudnya Ketahanan dan Kedaulatan Pangan Nasional (Pemanfaatan Biochar untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Pertanian Berlanjut)	Musim Tanam Kedua	Pontianak. ISBN: 978-602-72935-2-6, hal 161-172
9	2016	Seminar Nasional “Pengembangan Pertanian Berkelanjutan yang Adaptif terhadap Perubahan Iklim Menuju Ketahanan Pangan dan Energi”	Serapan hara dan hasil jagung  Dari jenis dan waktu pemupukan NK pasca aplikasi biochar	12 Nopember 2016, Univ Mataram Lombok. ISBN 978-602-1570-43-2, hal 558-570
10	2017	Prosiding seminar nasional dan FGD Pendidikan dan Riset Agroteknologi di Indonesia, Tantangan, Peluang dan Arah Pengembangan Peran Pendidikan Agroteknologi dalam Pengembangan Pertanian 4-5 September 2015, UNPAD	Kombinasi jenis biochar dan perimbangan pupuk NPK  Terhadap pertumbuhan dan hasil jagung  Pada tanah terdegradasi	ISBN 978-602-439-134-8 halaman 245-253, UNPAD Press
11	2017	Prosiding Seminar nasional FKPTPI 2016	Aplikasi biochar dan pemupukan anorganik pada hasil jagung di tanah lempung berliat	22-23 November 2017. UGM Jogjakarta ISBN 978-979-8678-30-1. Hal 252-259
12	2017	Seminar internasional ORGATROP 2017	The soil organic dynamics from types biochar-organic fertilizers and soil	22 Nopember 2017, UGM Jogjakarta  Submit di jurnal Earth Environmental Science (EES)
13	2018	Seminar Nasional Hasil Penelitian VIII Fakultas Pertanian UGM	Dinamika Nitrogen Selama Inkubasi Biochar dan Pupuk Organik Pada Berbagai Jenis Tanah	Proses terbit prosiding semnas tgl 21 September 2018

#### G. KARYA BUKU DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1	Prinsip-prinsip Agronomi dengan	2016	248	Selaras Media

	hasil-hasil penelitian di Indonesia			Kreasindo, Malang
2	Perbaikan Tanah Terdegradasi dengan Biochar	2017	89	CV.IRDH (Research & Publishing) ISBN 978-602-60770-6-6

## H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

No.	Tahun	Jenis/ Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1	2016	Proses Pembuatan Biochar Sampah Organik	Setifikat Paten	IDP000042877
2	2017	Pembuatan Biochar Sekam Padi Untuk Mengurangi Kehilangan Hara Melalui Pencucian	Paten sederhana	Permohonan paten telah diumumkan 6 Januari 2017 dg nomor publikasi 2017/00053
3	2018	Komposisi Biochar Tongkol Jagung Dan Penggunaannya	Paten sederhana	Lolos proposal UBER HKI dan mengikuti pelatihan pendampingan deskripsi paten di Bogor 19-20 Nopember 2018

## I. PENGHARGAAN DAN TANDA JASA

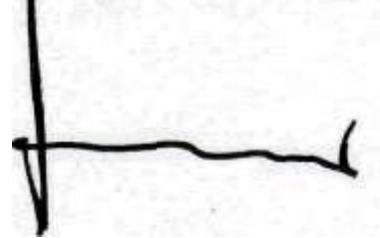
No	Penghargaan	Asal	Waktu
1.	Dosen Teladan UNITRI	Rektor UNITRI	2005
2.	Peneliti Indofood Riset Nugraha	PT Indofood Makmur, Tbk	2007
3.	Pendampng Program Kreativitas Mahasiswa	Rektor UNITRI	2007
4.	Satya Lencanakarya Satya (10 tahun)	Presiden RI	2008
5.	Penyaji Poster terbaik pertama pada Seminar dan Kongres Nasional HITI	Himpunan Ilmu Tanah Indonesia	2011
6.	Peserta terbaik dalam mengikuti pelatihan Pemanfaatan Hasil Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Kreativitas Mahasiswa Berpotensi Paten tahun 2011 sehingga mendapat fasilitasi dalam menyempurnaan draft paten dan pendaftaran paten dengan bantuan dana	Tim HKI DIKTI	2011
7.	Peserta yang diusulkan dari UNITRI untuk mengikuti seleksi dosen berprestasi tk Kopertis Wilayah VII Sby	UNITRI	2012
8.	Satya Lencana Karya Satya (20 th)	Presiden RI	2016

9.	Penyaji Poster terbaik pada Seminar Hasil Program Riset Terapan tahun 2017	Kemenristekdikti	2017
----	--	------------------	------

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam Biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah Proposal Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT).

Malang, 13 Nopember 2018



**Dr. Ir. Widowati, MP**

## Biodata Anggota Tim Peneliti

### A. IDENTITAS DIRI

1	Nama Lengkap	<b>Sutoyo, SP., MP.</b>
2	Jenis kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP	19600702 198508 1 001
5	NIDN	0002076012
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Sidoarjo, 02 Juli 1960
7	Alamat e-mail	untyo@gmail.com
8	Alamat Rumah	Jl. Mergan Veteran No 55 Kota Malang
9	Nomor Telepon/HP	0341- 342 547/ 085 748 776 675
10	Alamat Kantor	Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang
11	Nomor Telepon/Faks	(0341) 565500 / (0341) 565522
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= 24 orang; S-2 = 0 Orang; S-3 = 0 Orang
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Analisis Pertumbuhan Tanaman 2. Biokimia 3. Rancangan Percobaan 4. Statistik

### C. RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	Program	S-1	S-2	S-3
1	Nama PT	STP Tribhuwana	Univ. Brawijaya	
2	Bidang Ilmu	Ilmu Pertanian	Ilmu Tanaman	
3	Tahun Masuk	1991 – 1995	1996 – 1999	
4	Judul Skripsi/Tesis/Desertasi	Jarak Tanam dan Pupuk Kalium Pengaruhnya Pada Produksi Mentimun	Respon Jagung Hib. Prolifik dan Prolifik Terhadap Populasi dan Pupuk Nitrogen	
5	Nama Pembimbing/Promotor	Dr.Ir.Bambang G	Prof.Dr.Ir. Bambang G.	

### D. PENGALAMAN PENELITIAN

N0	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber Dana	Jumlah
1	2007	Pemanfaatan Limbah Ulat Sutera dan Aktivator Biofund Untuk Peningkatan Produksi Tanaman Jagung	DP2M	10
2	2007	Eksplorasi Serangga Yang Berasosiasi Dengan Tanaman Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) Sawah	DP2M	10
3	2009	Penampilan Beberapa Varietas Padi ( <i>Oryza sativa</i> L.) Pada Model Tanam “Jajar Legowo”	Unitri	5



#### E. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber Dana	Jumlah (juta Rp)
1.	2007	Aplikasi Pestisida Nabati SBM (organem) pada Tanaman Bawang Merah ( <b>Anggota</b> )	DIKTI	10

#### F. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

No.	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Vol. / Nomor	Nama Jurnal
1	2007	Peningkatan Produksi Padi ( <i>Orhyza sativa</i> L.) Var. Cibogo dengan Penambahan Pupuk Organik Cair ‘Nasa’.	Vol. 15 No.6	Journal Agrotek ISSN 0852 – 5426 Terakreditasi No. 026/Dikti/Kep/2005
2	2008	Jenis Serangga dan Statusnya yang Berasosiasi dengan Tanaman Padi Sawah.	Vol. 16 No. 5	Journal Agrotek ISSN 0852 – 5426 Terakreditasi No. 026/Dikti/Kep/2005
3	2009	Pengaruh Pupuk Organik Super Nasa pada Berbagai Dosis dan Frekuensi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat.	Vol. 9 No. 2	Journal Buana Sains ISSN 1412-1638
4	2010	Dampak Hujan Asam.	Vol. 27 No.3	Journal Agroekologi ISSN 1412 – 100 X
5	2010	Keanekaragaman Hayati Indonesia, Suatu Tinjauan: Masalah dan Pemecahannya.	Vol. 10 No. 2	Journal Buana Sains ISSN 1412-1638
6	2010	Kendala dan Pemecahan Multidormansi Biji Kemiri, Aren dan Palm Jepang.	Vol. 19 No. 3	Journal Agriculture ISSN 1412 – 4262
7	2011	Dampak Perubahan Iklim di Indoensia Pada Pertanian.	Vol. 21 No. 2	Journal Agriculture ISSN 1412 – 4262
8	2011	Masalah dan Peranan CO <sub>2</sub> pada Produksi Tanaman.	Vol. 11 No. 1	Journal Buana Sains ISSN 1412-1638
9	2011	Fotoperiode dan Pembungaan Tanaman.	Vol. 12 No. 2	Journal Buana Sains ISSN 1412-1638

#### F. PENGALAMAN PENYAMPAIAN MAKALAH SECARA ORAL PADA PERTEMUAN/ SEMINAR ILMIAH

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

**G. PENGALAMAN PENULISAN BUKU**

No	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI**

No	Judul/ Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

**I. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/ REKAYASA SOSIAL LAINYA**

No	Judul/ Tema/ Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. PENGHARGAAN YANG PERNAH DIRAIH**

No.	Penghargaan	Asal	Waktu
1	Piagam Tanda Kehormatan SATYALANCANA KARYA SATYA 20 TAHUN	Presiden RI	01-08- 2008

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT).

Malang, 12 Nopember 2018

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Sutoyo', with a stylized, wavy line extending from the end.

**Sutoyo, SP., MP.**

## Biodata anggota peneliti

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Hidayati Karamina, SP.,SH., MP
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Jabatan fungsional	Asisten Ahli
5	NIDN	0704019101
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Malang, 4 Januari 1991
7	E-mail	hidayatikaramina@yahoo.com
8	Nomor Telepon/HP	082245457666
9	Alamat Kantor	Jl. Telaga Warna Blok C, Tlogomas, Malang
10	Nomor Telepon/Faks	0341-565500/0341-565522
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	
12	Mata Kuliah yang Diampu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dasar ilmu tanah</li> <li>- Manajemen kesuburan tanah</li> <li>- Teknologi pupuk dan pemupukan</li> <li>- Pengelolaan Biomassa II</li> <li>- Pendidikan pancasila</li> <li>- Fisika</li> </ul>

## B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan	S-1	S-1	S-2
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Brawijaya	Universitas Islam Malang	Universitas Brawijaya
Bidang Ilmu	Agroteknologi	Ilmu Hukum	Ilmu Tanaman
Tahun Masuk –	2008-2012	2009-2013	2012-2014
Judul Skripsi/Tesis/ Disertasi	Penggunaan <i>Trichoderma Koningii</i> sebagai pengendali penyakit layu bakteri oleh <i>Ralstonia solanacearum</i> pada budidaya kentang	Faktor-faktor dan prosedur alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian (studi kasus kota malang)	Pengaruh fitoremediasi logam berat oleh tanaman orok-orok ( <i>Crotalaria</i> sp.) terhadap pertumbuhan lidah buaya

## C. Data Pengalaman Penelitian Dalam 7 Tahun Terakhir (Bukan Skripsi, Tesis, Disertasi)

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)

1	2016	Aplikasi pupuk cair organik pada tanaman kentang varietas Granola di Dataran Medium (Ketua)	Hibah UNITRI	3
2	2017	Analisis kandungan logam berat pada buah jambu biji varietas kristal ( <i>psidium guajava</i> l.) Dan tanah di desa bumiaji, kota batu (ketua)	DITLITABM AS - DIKTI	20

#### D. Data Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam 7 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Volume/Nomor/Tahun	Nama Jurnal
1	Persyaratan Lahan tanaman Porang	Volume 16, Nomor 1, Maret 2016	Jurnal Buana Sains ISSN 1412-1638
2	Aplikasi pupuk organik cair pada tanaman kentang varietas granola di dataran medium	Volume 15, Nomor 3, Desember 2016	Jurnal KULTIVASI ISSN 1412-4718
3	Jenis Lalat Buah <i>Bactrocera</i> spp. Pada Tanaman jambu Kristal <i>Psidium Guajava</i> Di desa Bumiaji Kota Batu	Volume 16, Nomor 2, Desember 2016	Jurnal BUANA SAINS ISSN 1412-1638
4	Penggunaan Teknologi Fitoremediasi Guna Meningkatkan Pertumbuhan Dan hasil Tanaman Lidah Buaya Varietas Chinensis	Volume 8, Nomor 1, Januari 2017	Jurnal PEMBANGUNAN ALAM LESTARI ISSN 2087-3522

#### E. PENGALAMAN MENGIKUTI SEMINAR/ PELATIHAN/ WORKSHOP/ LOKAKARYA

No	Judul Kegiatan	Tempat	Waktu
1	Seminar hasil penelitian dan pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2015 ( <b>Peserta</b> )	UNITRI	2 September 2015
2	Pelatihan E- Learning ( <b>Peserta</b> )	LP3 - UNITRI	2 November 2015
3	Peluang dan tantangan asuransi pertanian indonesia ( <b>Panitia</b> )	UNITRI	26 November 2015
4	Lokakarya Penulisan Proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat ( <b>Peserta</b> )	UNITRI	9 Januari 2016

5	Seminar hasil penelitian dan pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2015 ( <b>Peserta</b> )	UNITRI	2 September 2015
6	Pelatihan PEKERTI ( <b>Peserta</b> )	Kopertis Wilayah VII Sby	15-19 Februari 2016

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam Biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, Saya sanggup menerima risikonya. Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan usulan Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT).

Malang, 5 Desember 2017  
Saya, yang membuat,



**Hidavati Karamina, SP., SH., MP**  
NIDN. 0704019101

### Lampiran 3. Tabel Isian Luaran

#### 1. Publikasi di Jurnal

Tahun	Jenis Jurnal*	Judul Artikel	Nama Jurnal	P-ISSN	E-ISSN	Vol	Nomor	Halaman (...sd....)	URL	Nama Seluruh Author	NIP Penulis Dosen	Nama Penulis Dosen	Co-Auth or	Nama File PDF Artikel* (dalam lampiran)
2017	Jurnal Internasional	Characterization of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types	Bioscience Research	1811-9506	2218-3973	14	4	955	<a href="https://www.isi.sn.org/BR-14-2017/955-965-14(4)2017BR-1544.pdf">https://www.isi.sn.org/BR-14-2017/955-965-14(4)2017BR-1544.pdf</a>	Widowati, Sutoyo, Taufik Iskandar, and Hidayati Karamina	196508241993022001	Widowati	Sutoyo, Taufik Iskandar, Hidayati Karamina	ada
2018	Jurnal Internasional	Corn Yield Evaluation Of Biochars And Organic Fertilizers Application In Malang District	Submit pada Spanish Journal Soil Science (17-8-2018)	2253-6574					<a href="https://sjs.universia.net/author/submission/3716">https://sjs.universia.net/author/submission/3716</a>	Widowati, Sutoyo, Hidayati Karamina	196508241993022001	Widowati	Sutoyo, Hidayati Karamina	

\*Jenis Jurnal: Jurnal Internasional;;Jurnal Nasional Terakreditasi;Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi (Memiliki ISSN)

\*\*Bukti: Scan/PDF halaman pertama artikel yang memuat nama jurnal, volume, tahun, judul artikel, nama penulis, dan abstrak

#### 2. Pemakalah Forum Ilmiah

Tahun Kegiatan	Tingkat Forum Ilmiah*	NIP Pemakalah Dosen	Nama Pemakalah Dosen	Nama Seluruh Penulis	Judul Makalah	Nama Forum	Institusi Penyelenggara	Waktu Pelaksanaan (...s.d....)	Tempat Pelaksanaan	ISBN	Status	Nama File PDF Artikel*
2017	Internasional	196508241993022001	Widowati	Widowati, Sutoyo, Taufik Iskandar, and Hidayati Karamina	The Soil Organic Dynamics From Types Biochar-Organic Fertilizer s And	Konferensi Internasional ORGANIC AGRICULTURE	UGM	21 Agustus 2017 - 24-	UGM	-		





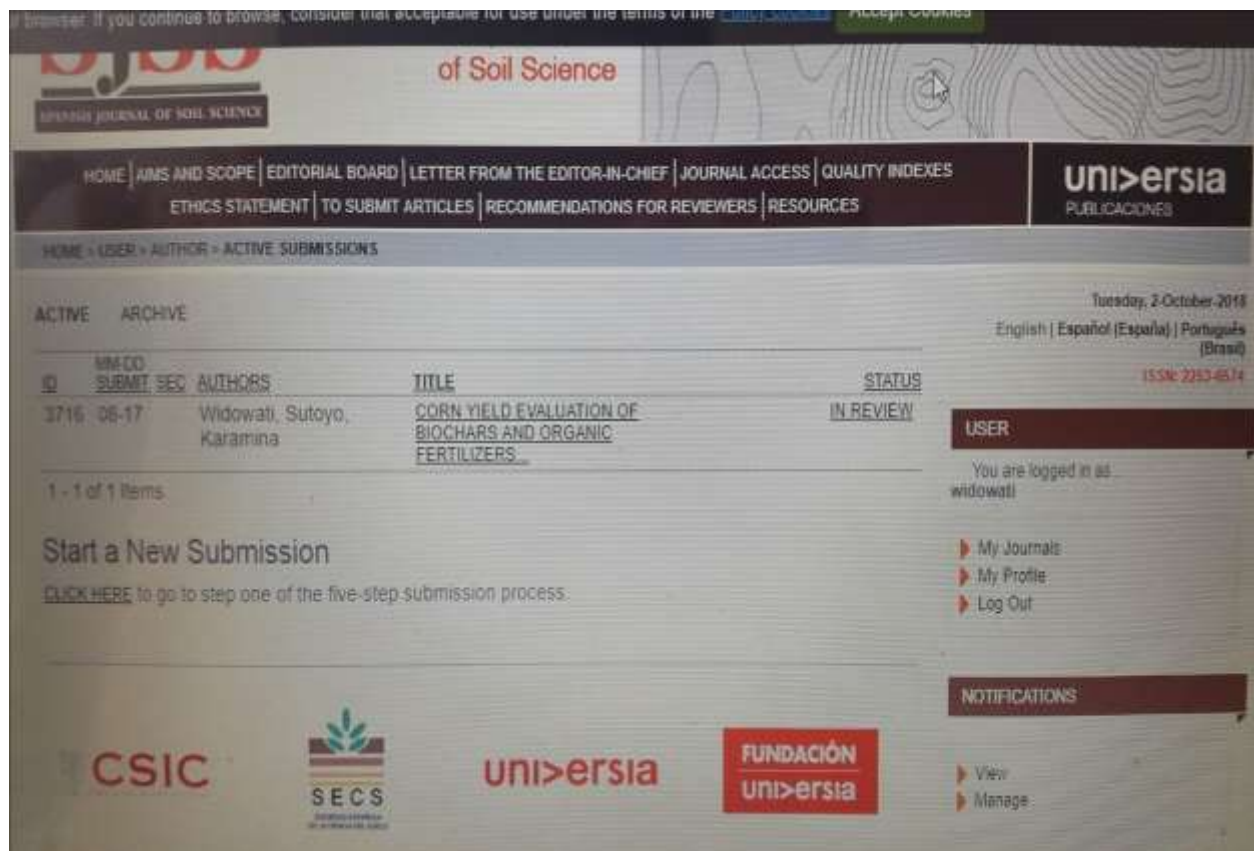
**7. Buku**

<b>NIP Dosen</b>	<b>Nama Penulis Dosen</b>	<b>Tahun Penerbitan</b>	<b>Jenis Buku*</b>	<b>Judul Buku</b>	<b>ISBN</b>	<b>Jumlah Halaman</b>	<b>Penerbit</b>	<b>Nama File Dokumen Pendukung (dilampirkan)**</b>

\*Jenis Buku: Buku Ajar;Buku Teks;Modul;Panduan Praktis;Buku Profil Daerah;Buku Profil Usaha;Katalog Kegiatan Seni;Novel;Kumpulan Puisi atau Cerpen;Buku Saku;Kamus;Monograf;Biografi;Tafsir;Atlas;Ensiklopedia;Lain-Lain

\*\*Bukti: Scan cover buku

## Lampiran 4. Artikel Ilmiah



### Corn Yield Evaluation Of Biochars And Organic Fertilizers Application In Malang District

Widowati, Sutoyo, Hidayati Karamina  
Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang, Indonesia  
Jalan Telaga Warna Blok C, No. 1 Tlogomas Malang, East Java, Indonesia  
Post Code : 65144  
Telp. +62341565500  
[widwidowati@gmail.com](mailto:widwidowati@gmail.com)

#### Abstract

Appropriate types of biochar and organic fertilizer is a necessity to optimize dry land and increase crop yield. By this fact, pot experiment was carried out to evaluate the effect of biochar and organic fertilizer on the growth and corn yield on dry soil in Malang Regency. Alfisol, Entisol, and litosol, three types which tends to infertile and low productivity, applied by biochar (corn cob, rice husk, tobacco industry byproduct) and organic fertilizers (compost and chicken manure) both singly and combination. Both of them used as much 300 g pot<sup>-1</sup> (singly) and 150 g pot<sup>-1</sup> (combination) into 9 kg dry soil. 135 kg N ha<sup>-1</sup>, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, 110 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> was added in each treatments includes control, replied three times, and analysed by nested design. The results showed that biochar and organic fertilizer applied to Alfisol and Litosol had significant effects on plant growth and yield. Both singly and combination of biochar applied in Entisol had no significant effect on corn yield. Application of biochar-corn cob and manure in combination is better than the singly in Alfisol. Meanwhile, manure and rice husk given better result on growth and corn yield applied both singly and combination in Litosol. The best corn yield was obtained from N, P, K in balanced proportion after manure and biochar was applied in Alfisol and Litosol.

Keywords : growth and corn yield evaluation, biochar, organic fertilizers

## INTRODUCTION

Dry land occupy the largest area after wetlands in the southern part of Malang Regency. Some land comes from chief material which has not undergone a perfect weathering process and may effect on low productivity. Therefore, it offer limited function for agricultural areas. According to the Agriculture and Plantation Agency, a most of the part in Malang Regency functioned as agricultural areas, which is rice field is around 15.44% (49.52 ha); fields / gardens is 31.11% (99.76 ha); plantation area is 6.11% (19.58 ha); and forests are 2.56% (6.40 ha). Potential which store in dry land needs to optimized because of limited infertile land and most of it is sub-optimal land. Dry land ranked the extensive area is 122.1 million ha consisting of 108.8 million ha of dry land and dry climate-land of 13.3 million ha ( Mulyani and Sarwani, 2013).

The problems which may affect soil fertility in dry land are soil acidity, availability of water, low nutrients, physical conditions which not support for plant growth, and imbalance between water and air. Its will be a limiting factor may interfere the optimum state and affect into low plant-productivity. The ability of the soil to retain water and nutrients is a priority to increase crop yields. Haryono (2013) explained that optimization of sub-optimal land includes productivity, production efficiency, sustainability of resources and environment as well as farmers' welfare through intensification and extensification of degraded or abandoned sub-optimal land.

Management of dry land by biochar use has been popular in the past decade, despite an organic matter was often been carried out. Importantly, aromatic structure on biochar carbon is more stable than carbon in native biomass which may reduce decomposition rate of organic matter. The use of mulch, compost, manure could increase soil fertility, but even in tropical conditions, it is mineralized quickly (Tiessen *et al.*, 1994). Steiner *et al.*, (2007) suggested, soil organic matter (SOM) is substantial for fertility because it contains 95% of total nitrogen and sulfur along with 20-75% of phosphorus in the soil, which is vital nutrients for microorganisms and plants. Biochar is a carbon-rich product obtained by heating biomass in a closed system under a limited supply of oxygen intended as a soil amendment to absorb carbon and improve soil quality. Biomass conversion into biochar and using it as an amendment to the soil as an alternative to enrich the soil beside compost (Srinivasarao *et al.*, 2013). Agronomic effects by biochar addition have been found at various latitudes which low soil fertility (Biederman and Harpole, 2013; Liu *et al.*, 2013).

The application of biochar also increases groundwater storage (Reverchon *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2016) which is increase in soil capillary of water capacity and may affect to upgrade the crop cultivation productivity, microbial activity, and would be store a higher level of nutrient availability, especially P and K (Biedermann and Harpole, 2013). Groundwater holding capacity (WHC) and available water (AW) would be increase in clay and sandy clay soil (Bruun *et al.*, 2014; Dugan *et al.*, 2010; Martinsen *et al.*, 2014). WHC increases 11% by applying biochar (9 t ha<sup>-1</sup>) in dusty clay, Southern Finland (Karhu *et al.*, 2011). AW improvement obtained due to biochar addition by improve porous structures (both micro and meso pores) and soil aggregation (Obia *et al.*, 2016). Soil chemical properties are also improved such as increasing soil pH (higher Ca / Al ratio and availability of PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> and increased base saturation) (Martinsen *et al.*, 2015); increase nutrient retention capacity and soil CEC (Chan *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2006) and thereby reduce nutrient leaching (Hale *et al.*, 2013; Martinsen *et al.*, 2014).

Each type of soil has different properties and characteristics such as the surface area of soil particles may greatly affect to hold water and nutrients capacity. Each type of biochar also contain different properties based on the production conditions and raw materials used. Naeem *et al.*, (2014) reported variations in pyrolytic temperature and raw materials would affect the yield and composition of biochar nutrients. Almost every organic material can be converted into biochar, but the character of each organic material would have an effect on the physical, chemical and biological properties of the soil after being put into the soil. The need for appropriate types of biochar and organic fertilizer is an attempt to optimize dry land as well increase crop productivity in dry soil. The research hypothesis is that each type of soil responds differently to various types of biochar and organic fertilizer on dry land. The aim of the study was to evaluate the effect of various biochar and organic fertilizer on growth and yield of corn on soil types in dry land of Malang Regency.

## METHODS

### Soil research and biochar production

Three types of soil from the southern Malang Regency, wherein Litosol types, Entisol Order from Purwodadi Village, Donomulyo Subdistrict, located at 112 ° 23'30 " - 112 ° 29'64" BT and 8 ° 16'75 " - 8 ° 19'81 "LS. Red Yellow Mediterranean Land Afisol Order from Kalipare District is located 21,950 - 29,610 BT and 9,400 - 16,480 LS. Tanah Regosol, Entisol Order from Poncokusumo Subdistrict, is approximately 24 km away from the district capital. Composite soil were samples at 0-30 cm depth from dry land and used in pot experiments in Malang Municipality.

Three types of biochar from biomass (rice husk and corncobs) were produced at 350-500°C for 4 hours by fixed-bed pyrolysis equipment at the Bioenergy Laboratory of Tribhuwana Tungadewi University. Biochar from tobacco industry waste is produced at 700°C for 15 minutes at PT. Gudang Garam, Tbk by Etia's extrusion pyrolysis tool. Dry rice husk obtained from commercial rice mills, on the other hand for dry corncobs from PT. Bisi International Kediri. Biochar corncobs were milled in size of < 2 mm, biochar from tobacco industry waste (jengkok) and rice husks are directly applied to the soil. Compost (city waste) and chicken manure (pukan) were used as organic fertilizer. Compost was taken from the Integrated Waste Processing Site (TPST) in Mulyoagung Village, Dau District, Malang Regency. The feed is taken from the farm of PT. Java Comfeed in Malang Regency.

### Experimental Design

Nested design was carried out in this study. The first factor is the type of soil and the second is organic biochar which is nested in the first factor. The first factor includes three types of soil; Alfisol, Litosol, and Entisol. The second factor includes 12 treatments, which are: 1. Control, 2. Biochar corncob (T), 3. Biochar rice husk (S), 4. Biochar jengkok tobacco (J), 5. Compost (K), 6. Pile (A), 7. Biochar corncobs-compost (TK), 8. Biochar corn cobs (TA), 9. Biochar rice-compost husks (SK), 10. Biochar rice husks (SA), 11. Biochar jengkok tobacco-compost (JK), 12. Biochar jengkok tobacco-pukan (JA). Each treatment was repeated 3 times and 8 sample plants were provided with total experiment 864 polybags. Polybags are placed randomly at each replication with a distance of 80 x 25 cm between polybags. Biochar and organic fertilizer are applied at a dose of 300 g pot<sup>-1</sup> (single) and 150 g pot<sup>-1</sup> (combination) on 9 kg of soil. Planting Pertiwi variety 3 hybrid corn after biochar and 7 days organic fertilizer incubation. Fertilization of 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> was given one day before planting, but 110 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> and 135 kg N ha<sup>-1</sup> were given when the plants were in 7 HST (1/3 dose) and 28 HST (2/3 doses). Observation of plant-height, leaf area, leaf dry weight and total plants (biomass) was observed at the end of maximum vegetative growth, ie 56 HST as many as 2 sample plants. Biomass above-ground plants obtained by weighing plants which have been dried in oven at 70°C for 2 x 24 hours. Production observations include dry shelled corn. Harvesting within physiologically has done at the age of 112 HST, which total 3 samples. Plant growth analysis was carried out to determine the response of plants to in soil environment alteration, consisting of Leaf Area Index (ILD) and Specific Leaf Area (SLA). ILD was obtained from calculating the amount of leaf area per unit of land area (planting distance). SLA reflects the efficiency of leaf area formation per unit of carbohydrates stored. SLA was obtained from the results for leaf area with leaf weight (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) (data on leaf area and leaf weight were not shown). Initial soil samples and biochar and organic fertilizer characteristics were analyzed at PT Sucofindo Surabaya and PT Gudang Garam, Tbk Gempol Pasuruan. N, P, K soil levels were observed after 7 HST incubation and analyzed in the University of Brawijaya Laboratory of Soil.

SPSS version 13.0 were used to analysed the data. Analysis of variance according to the design used and followed by DMRT Test with  $\alpha = 5\%$  to obtain differences between treatments.

## RESULT AND DISCUSSION

### Characteristics of biochar, organic fertilizer, and initial soil

Raw materials are the main factors given the influence the characteristics of biochar. The levels of N, K, Ca, Mg, and Na from biochar-jengkok tobacco give the greatest result compare from corncob and rice husks. On the other hands total C and KTK from biochar corncobs are greater than biochar jengkok bigger than biochar husks. The levels of organic N, P, and C from the feed given significant yield than compost. KTK-Compost is greater than manure (Table 1). The presence of N-element depends on the high content of organic matter on the soil. Litosol soil fertility rate is better than Alfisol, although both types are clay textured, in contrast to Entisol which has clay sand texture (Table 1).

Table 1. Characteristics of biochar and organic fertilizer and initial soil

Parameter	Characteristics of biochar and organic fertilizer					Characteristic of Soil		
	Biochar -rice huski	Biochar corn cob	Biochar jengkok tobacco	Chicken manure	compost	Litoso 1	Alfisol	Entisol
Total C (%)	29,8	45,6	40					
C organik (%)				25,02	15,58	1,36	0,72	0,48
pH H <sub>2</sub> O						6,4	5,3	5,6
pH KCl 1N						6,1	5	5,3
C/N						8	7	7
Ec (mili siemens)	2,56	4,67	16,45	12,65	1,31			
KTK cmol (+) /kg	19,53	40,12	34,62					
KTK me/100g				37,78	59,03	32,68	30,43	12,4
Abu (%) (Ash)	53,4	23,6	32,8					
N (%)	0,57	0,84	1,83	4,05	2,6	0,17	0,1	0,07
P (%)	0,14	0,46	0,44	11,62	3,87			
P (mg kg <sup>-1</sup> )						45,65	45,65	10,52
K (%)	1,71	3,96	5,15	0,29	0,04			
K (me/100g)						0,35	0,34	0,36
S, SO <sub>4</sub> (%)	0,22	0,41	0,42	0,36	0,29			
Na (%)	0,33	1,63	1,83	1,81	1,77			
Na (me 100g <sup>-1</sup> )						0,37	0,37	0,31
Ca (%)	0,92	2,45	3,88	1,69	1,94			
Ca (me 100g <sup>-1</sup> )						25,83	12,44	5,14
Mg (%)	0,03	0,28	0,36	0,35	0,44			
Mg (me 100g <sup>-1</sup> )						1,42	4,73	0,79
Mn (%)	0,08	0,03	0,04	0,04	0,04			
Total base (me 100g <sup>-1</sup> )						27,97	17,88	6,6
KB (%)						86	59	53
Sand (%)						11	9	86
Ash (%)						24	15	3
Clay (%)						65	76	11
Texture						Clay	Clay	Clay sand

Analyzed at PT Sucofindo Surabaya, PT. Gudang Garam, head of Gempol Pasuruan, and University of Brawijaya Malang.

The application of biochar and organic fertilizer has significant impact on the growth and corn yield in three types of soil. The results of analysis showed sig (0.000) <  $\alpha$  (= 0.05), indicate that soil type had a significant effect on plant height, plant biomass, ILD, and dry shelled corn. Biochar and organic fertilizer in each soil type did not significantly influence for plant height either for biomass but affected into ILD, SLA, dry shelled corn.

The results of biochar and organic fertilizer experiments into Entisol and Litosol each showed  $\text{sig } (0.000) < \alpha (=0.05)$ , indicate that each biochar, organic fertilizer, Entisol and Litosol significantly interplay. However, at Alfisol, biochar and organic fertilizer have a significant effect on plant height, ILD, dry shelled corn (Table 2). The results of the DMRT test on each soil are presented in Figures 1 - 5.

Table 2. Results of nested design analysis

Variable observations	Nilai signifikan				
	Soil type	Biochar and organic fertilizer on soil type	Biochar and organic fertilizer in Alfisol	Biochar and organic fertilizer in Entisol	Biochar and organic fertilizer in Litosol
Plant height	$(0.000) < \alpha(=0.05)$	$0.058 > \alpha(=0.05)$	$(0.000) < \alpha(=0.05)$	$(0.000) < \alpha(=0.05)$	$(0.000) < \alpha(=0.05)$
BK biomass	$0.010 < \alpha(=0.05)$	$0.079 > \alpha(=0.05)$	$0.152 > \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$
ILD	$0.028 < \alpha(=0.05)$	$0.0000 < \alpha(=0.05)$	$0.001 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$
SLA	$0.610 > \alpha(=0.05)$	$0.045 < \alpha(=0.05)$	$0.111 > \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$
BK dry shelled corn	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$	$0.000 < \alpha(=0.05)$

## Plant Growth

### Plant Height

The effect of treatment on plant height is presented in Figure 1. In general, application biochar and organic fertilizer would increase plant height in all three types of soil. Combination of biochar and organic fertilizer shows better in plant height than single application. Plant height was significantly increased by TA treatment which neither significantly different from JA in Alfisol Litosol. Biochar and organic fertilizers contain several important plant nutrients (Table 2) which may affect on plant growth and yield. This study are in line with the results of the incubation study on the characterization of biochar and organic fertilizer types on the physical properties in several soil types (Widowati *et al.*, 2017). Improvement of physical properties of clay were recommended to use a combination of biochar types with organic fertilizer. It was further reported that the combination of biochar cobs with mortar on Litosol increased macro porosity and pores by 14% and 21-24%, respectively.

Combination of biochar jengkok and compost increases the porosity and macro pores of Alfisol by 21% and 64%, besides the micro pore decreases by 25.4% from 28.3% to 21.1%. Biochar jengkok can reduce Litosol meso pore by 56% from 11.5% to 5.0%. Meso pores decreased by 33% and 49% respectively from 17.4% to 11.7% (biochar -corncob) and 8.7% (rice husk biochar) in Alfisol. Micro pores are reduced by 12% from combination of biochar rise husks-manure and by biochar corncobs-manure, and the combination of biochar is bent with compost on litosol. In contrast to clay, the application of pile (A) produces the best plant height in Entisol. As reported by Widowati *et al.*, (2017), macro pore decreases by 21% with only a pile on Entisol.

Asai *et al.*, (2009) stated that biochar given higher porosity and could store water in pores, thus could maintaining water balance and give availability of nutrients. Increased of soil porosity on the surface area could given great penetration into the soil. Biochar surface area and porosity have significant potential in water holding capacity, adsorption capacity (the ability of particles to remain on the surface of biochar) and nutrient retention capabilities (Sohi *et al.*, 2010). The addition of biochar also significantly increases the available water content in the soil by increasing the amount of water retained in the soil (field water capacity) and allowing plants to attract soil moisture and reduce it before wilting (Koide *et al.*, 2015).

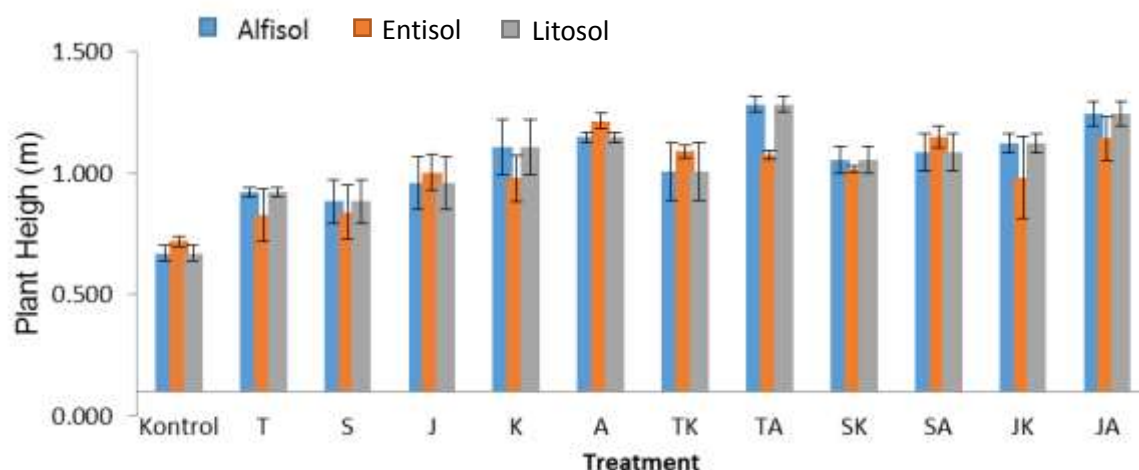


Figure 1. Effect of biochar and organic fertilizer on plant height on Alfisol, Entisol, and Litosol

### Plant Biomass

Plant biomass is a photosynthetic net result which is shown as a dry material from plant organs in certainly time. Total dry weight of plants was harvested as soon as the plants appear female flowers which is sign that the plant comes to maximum vegetative growth phase in the corn plant. Plant dry biomass increased by giving biochar and organic fertilizer to the three soil types, namely 1.7 t ha<sup>-1</sup> to 2.2 - 3.9 t ha<sup>-1</sup> (Alfisol); 1.8 t ha<sup>-1</sup> to 2.8 - 4.7 t ha<sup>-1</sup> (Entisol); and 0.7 t ha<sup>-1</sup> to 2.2 - 5.1 t ha<sup>-1</sup> (Litosol). Most of the biochar and organic fertilizer showed an increase in relatively similar biomass in Alfisol and Entisol. Plant biomass was significantly increased in JA treatment (Litosol) which was not significantly different from treatment A (Entisol). The application of jengkok combination biochar shows the highest biomass compared to a single application on Litosol, which is 5.1 t ha<sup>-1</sup> (JA); 2.9 t ha<sup>-1</sup> (J); and 4.5 t ha<sup>-1</sup> (A). The production of plant biomass was low when only biochar jengkok singly but it increases by 76% when combined with manure. Manure has contributed nutrients (especially N and P) needed to increase biomass production in Litosol. Biochar jengkok has higher levels of N, K and Ca than other biochar (Table 2).

Biomass production has increased by applied the combination of biochar jengkok and manure. This combination given mutual synergy to increase corn plant production in Litosol. The great effect of biochar jengkok and manure combination may causes greater production than the single use of Litosol. Report form Ardakani et al. (2017) also described that biochar has a synergistic effect when applied in combination with mineral fertilizers or various types of compost. The effect of treatment on plant biomass on Litosol is different on Alfisol and Entisol. Biomass production is relatively the same from the application of the three types of biochar singly or combination with organic fertilizers in Entisol and Alfisol.

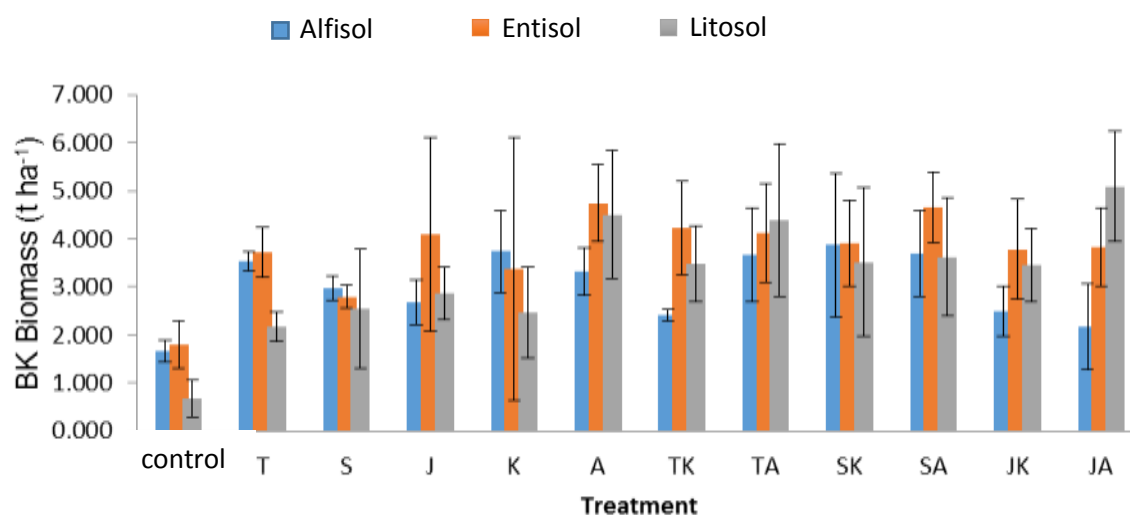


Figure 2. Effect of biochar and organic fertilizer on biomass on Alfisol, Entisol, and Litosol

### Plant Growth Analysis

## Leaf area index (ILD)

Leaf area states the amount of surface which could photosynthesize or contain chlorophyll. ILD shows the comparison of total leaf area with land covered by leaf itself. By applying biochar and organic fertilizer in each soil type, ILD increases 0.9 to 1.1 - 1.9 (Alfisol); 1.2 to 1.5 - 2.1 (Entisol); and 0.5 to 1.1 - 2.3 (Litosol) at maximum vegetative growth. In Alfisol, SK treatment was not significantly different from TA, while the highest given from JA treatment applied in Entisol and Litosol (Figure 3). This means that leaves above 1 m<sup>2</sup> found as large as 1.9 m<sup>2</sup> (Alfisol); 2.1 m<sup>2</sup> (Entisol); and 2.3 m<sup>2</sup> (Litosol). Value of ILD > 1 illustrates the presence of mutual shade which causes leaves below lack of photosynthesis rate (Sitompul and Bambang, 1995). It seems that ILD value are in line with plant height and biomass production in Alfisol, Litosol and Entisol. Plant biomass comes from nutrients and water uptake during photosynthesis especially Nitrogen supplied (Table 2).

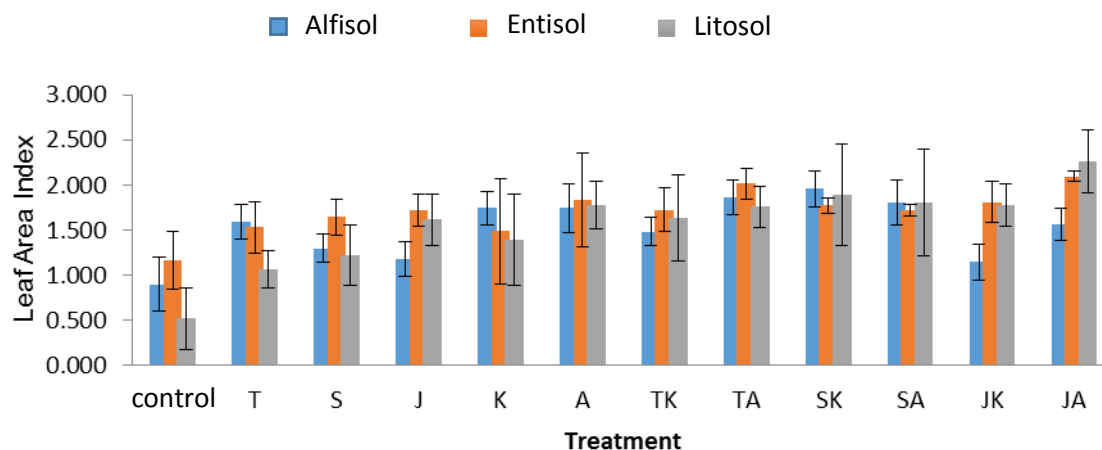


Figure 3. Effect of biochar and organic fertilizer on Leaf Area Index on Alfisol, Entisol, and Litosol

## Specific Leaf Area

Specific leaf area illustrates the leaves thickness due to the distribution of carbohydrates. Specific leaf area on corn plants tended to be same in all treatments, is 95-142 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Alfisol); 89 - 159 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Entisol); and 70 - 195 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Litosol). Except for biochar husk combined with manure (SA) on Alfisol; compost (SK) combined biochar husk on Entisol; and biochar cobs combined with feed (TA) on Litosol showed the highest specific leaf area, each of 187 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Alfisol); 171 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Entisol); and 224 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (Litosol) (Figure 4). The specific leaf area was significantly increased by combination of biochar with organic fertilizer in the three soil types. Comparison of combination and singly application to single treatment in the three soil types, namely 187 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (SA); 107 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S); and 124 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (A) in Alfisol; 171 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (SK); 102 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (S); and 89 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (K) in Entisol; and 224 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (TA); 129 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (T); and 124 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> (A) on Litosol. This means that formation of dry leaf area per unit allocated in maximum vegetative growth. Its caused by carbohydrates for leaf growth lower than the rate of use for leaf formation. Enlargement and cell division of corn plant actively at the maximum vegetative growth

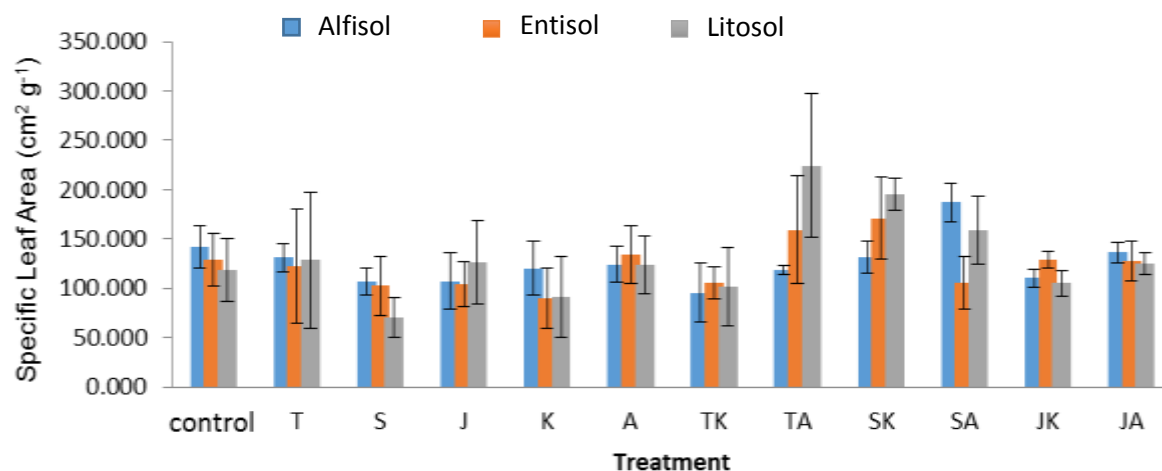


Figure 4. Effect of biochar and organic fertilizer on Specific Leaf Area on Alfisol, Entisol, and Litosol



## Shelled Corn Yield

Utilization of biochar and organic fertilizers improves the corn yield is 3.2 to 5.0 - 8.4 t/ha (Alfisol); 3,4 to 6 - 8,0 t ha<sup>-1</sup> (Entisol); and 4.3 to 7.8 - 10.5 t ha<sup>-1</sup> (Litosol). Great results in Alfisol and Litosol are from different types of biochar and organic fertilizers, which are biochar corncob-manure combination in Alfisol and biochar rise husk – manure in Litosol. Corn yield at TA temperature was not different from A is 8.4 t ha<sup>-1</sup> and 7.8 t ha<sup>-1</sup> respectively, at Alfisol. N, P, K levels of soil were expanded by application of corncob and manure on Alfisol (Table 3). Meanwhile, T treatment is 5.8 t/ha. It seems corn yield from Aq and A is not appropriate with the age at SA and JA treatment which obtained high levels of N, P, K in Alfisol. Corn yield was increased by 7.7% (compared to treatment A) and 44.8% (compared to treatment T) in Alfisol. Corncob and manure combination seems contributed on growth and corn yield in Alfisol, especially for organic materia. Ouyang *et al.* (2014) found that biochar applications increase soil enzyme activity, nutrients, dissolved organic-C and microbial activity. According to Phares *et al.*, (2017), a single biochar application or biochar combined with poultry manure increases availability of P, CEC, and the amount of organic carbon.

Despite both types of Alfisol and Litosol are clay, they show different responses to growth and yield affect by organic-C content. The amount of organic-C from Litosol is two times higher than Alfisol, which are 1.36% and 0.72%, respectively. In facy, plants respond to biochar depending on the chemical and physical properties of biochar, climatic conditions, soil conditions and plant types (Zwieten *et al.*, 2010; Gaskin *et al.*, 2010; Haefele *et al.*, 2011). In Litosol, the best corn yield comes from SA treatment (10.5 t ha<sup>-1</sup>),has not significantly different from A, TA, JA treatment within an average of 9.8 t/ha. Manure has higher levels of N and P than compost (Table 2) which is important to increase growth and corn yield. According to Situmeang (2017), 10.52 t ha<sup>-1</sup> biochar dose combined with compost and phonska gave the highest corn yield kernels 13.71 t ha<sup>-1</sup>, increased by 106.67% compared to treatments without biochar, compost, and phonska based on the highest value of Relative Agronomy (RAE) (113.99%) that very effective for corn cultivation on dry land.

Application various biochar and organic fertilizer could be increase corn-seeds yield on sandy loam (Entisol). Combination of biochar and organic fertilizers showed the same corn yield on Entisol (Figure 5). Basically, Entisols have the lowest levels of organic carbon and the highest percentage of sand compared to other soil types. Widowati *et al.* (2017) reported that the use of biochar and organic fertilizer in sandy clay soils could increase meso pores 28.4% from 9.6% to 13.4%. The results of this study are in line with the application of biochar in sandy loam soils in North Lombok, conveyed that biochar applications contribute to soil physical-chemical properties, nutrient and groundwater retention, CEC so that corn yields show a positive response (Sukartono *et al.*, 2012).

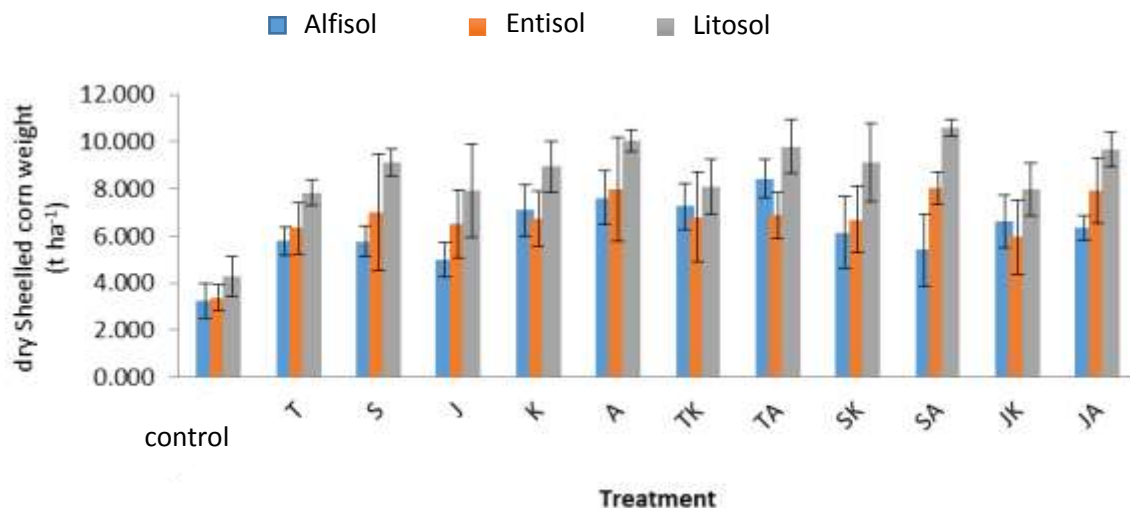


Figure 5. Effect of biochar and organic fertilizer on dry shelled corn on Alfisol, Entisol, and Litosol

## N, P, K levels of soil after incubation

In general, N, P, K levels were increased after biochar and organic fertilizers (single or combination) were applied to the three soil types. The treatment has a significant effect on N levels. The sig value (0.000) <  $\alpha$  (= 0.05) indicate the organic biochars in each soil type significantly influence the levels of N, P, K. Organic biochar in Alfisol soil types shows the value of sig (0.000) <  $\alpha$  (= 0.05) while in Litosol the value of sig (0.013)

$<\alpha$  ( $= 0.05$ ) which is show significant effect on N levels. Different with Entisol which shows the sig value ( $0.098 > \alpha$  ( $= 0.05$ )), that has no significant effect on N levels. N levels seems increase by organic-biochar addition. The N content of combination treatment is better than the single in Alfisol, ie from 0.18% (T) to 0.21% (TK) and 0.24% (TA); from 0.17% (S) to 0.28 (SK) and 0.22% (SA); from 0.19% to 0.33 (JK) and 0.32% (JA). The highest level of N in Alfisol generated from biochar jengkok-manure or jengkok compost combination. The best N content in Entisol with biochar application was curved but tended to be the same in Litosol (Table 3).

Table 3. Soil N levels after 7 HST incubation

Treatment	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Average	St dev		Average	St dev		Average	St dev	
Control	0.081	$\pm 0.001$	a	0.029	$\pm 0.001$	a	0.105	$\pm 0.005$	a
T	0.177	$\pm 0.020$	d	0.035	$\pm 0.008$	a	0.167	$\pm 0.027$	b
S	0.170	$\pm 0.024$	c	0.028	$\pm 0.001$	a	0.177	$\pm 0.009$	b
J	0.191	$\pm 0.018$	e	0.082	$\pm 0.008$	b	0.177	$\pm 0.001$	b
K	0.163	$\pm 0.053$	b	0.061	$\pm 0.008$	ab	0.170	$\pm 0.027$	b
A	0.244	$\pm 0.006$	ef	0.071	$\pm 0.001$	ab	0.156	$\pm 0.012$	b
TK	0.206	$\pm 0.037$	e	0.067	$\pm 0.010$	ab	0.161	$\pm 0.004$	b
TA	0.235	$\pm 0.006$	ef	0.061	$\pm 0.001$	ab	0.161	$\pm 0.017$	b
SK	0.276	$\pm 0.081$	f	0.059	$\pm 0.009$	ab	0.181	$\pm 0.017$	b
SA	0.223	$\pm 0.005$	e	0.034	$\pm 0.004$	a	0.191	$\pm 0.017$	b
JK	0.326	$\pm 0.066$	g	0.066	$\pm 0.002$	ab	0.196	$\pm 0.043$	b
JA	0.320	$\pm 0.048$	g	0.080	$\pm 0.001$	ab	0.189	$\pm 0.031$	b

\* Different notations show differences between types of organic biochar in each type of soil.

P levels were increased while applied manure, especially on biochar-manure combination (Table 4). P content in Entisol by manure application amounted to 93.01 mg kg<sup>-1</sup> (A), moderate to COC (T), husk (S), and bent (J) 28.46 mg/kg; 15.92 mg kg<sup>-1</sup>; 23.75 mg kg<sup>-1</sup>. However, biochar and manure combination could increased upto 71.62 mg kg<sup>-1</sup> (TA); 39.67 mg kg<sup>-1</sup> (SA); and 81.06 mg kg<sup>-1</sup> (JA). Likewise P content in Alfisol with manure application was 124.91 (A), moderate to COB (T), husk (S), and bent (J) were 43.76 mg kg<sup>-1</sup>, respectively; 46.83 mg kg<sup>-1</sup>; 50.23 mg kg<sup>-1</sup>. Combination of biochar and manure increases P levels to 114.11 mg kg<sup>-1</sup> (TA); 130,90 mg kg<sup>-1</sup> (SA); and 109.43 mg kg<sup>-1</sup> (JA). Enhancement of P levels showed after biochar-manure application on the three types soil (Table 3). However, P content on Litosol was not as much as Entisol and Alfisol, which is 13% (corn cob biochar); 14% (husk biochar); and 4% (jengkok biochar). By applying combination of biochar-manure could increases P content, which is 152% (corn cob biochar); 149% (husk biochar); and 241% (jengkok biochar) on Entisol and 161% (corn cob biochar); 180% (husk biochar); and 179% (jengkok biochar) in Alfisol compared to singly applications. Synergistic effect of manure and biochar on increasing P levels from the three soil types. P levels from manure (11.62%) contributed to the added P nutrients from husk biochar (0.14%); corn cob biochar (0.46%); and 0.44% (jengkok biochar).

Table 4. Soil P levels after 7 HST incubation

Treatment	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Average	Stdev		Average	Stdev		Rata-rata	Stdev	
Kontrol	7.057	±0.423	a	10.700	±0.790	a	6.975	±2.415	a
T	43.762	±8.881	b	28.458	±8.594	ab	49.294	±19.900	cd
S	46.829	±12.269	bc	15.925	±0.372	a	40.475	±12.033	bcd
J	50.234	±7.659	bcd	23.748	±2.505	ab	48.133	±12.484	cd
K	67.950	±14.311	d	21.582	±1.257	a	49.013	±10.019	cd
A	124.911	±14.411	ef	93.010	±8.604	d	49.210	±0.969	cd
TK	62.153	±20.503	cd	24.254	±4.432	ab	27.483	±8.772	b
TA	114.114	±13.716	ef	71.618	±11.076	c	56.275	±15.516	d
SK	57.935	±12.580	bcd	27.489	±2.316	ab	36.111	±6.027	b
SA	130.896	±2.026	f	39.667	±2.376	b	45.565	±2.935	bcd
JK	69.154	±14.562	d	34.141	±5.099	b	43.597	±0.737	bcd
JA	109.430	±21.670	e	81.063	±1.947	cd	49.943	±10.937	cd

K levels increased after biochar and organic fertilizer addition on three soil types (Table 5). Utilization of corncob biochar increased the highest levels of K in Entisol and Litosol, each from an average of 0.9 - 1.9 to 2.7 me 100 g<sup>-1</sup> (Entisol) and 0.4 -1.1 to 4.3 me 100 g<sup>-1</sup> (Litosol). Levels of K in Alfisol increased on average from 3.3 to 4.9 me 100 g<sup>-1</sup> compared to 1.6 me 100 g<sup>-1</sup> (control) by biochar-organic fertilizer application

Table 5. Soil K levels after 7 HST incubation.

Treatment	Alfisol			Entisol			Litosol		
	Average	Stdev		Average	tdev		Rata-rata	Stdev	
Kontrol	1.616	±0.413	a	0.500	±0.060	a	0.058	±0.025	a
T	4.628	±1.232	b	2.719	±0.130	c	4.278	±0.256	c
S	4.117	±1.638	bc	0.904	±0.042	ab	1.361	±0.308	b
J	3.964	±0.660	bc	1.626	±0.317	abc	0.946	±0.219	ab
K	4.117	±0.798	bc	1.244	±0.057	ab	0.696	±0.061	ab
A	4.419	±0.819	bc	1.937	±0.097	bc	0.885	±0.311	ab
TK	4.328	±1.452	bc	1.423	±0.063	ab	0.561	±0.432	ab
TA	4.701	±1.470	bc	1.876	±0.320	bc	0.383	±0.159	ab
SK	3.332	±1.286	c	1.006	±0.117	ab	0.478	±0.101	ab
SA	4.539	±1.308	c	0.923	±0.037	ab	0.665	±0.251	ab
JK	3.907	±0.060	c	1.604	±0.234	abc	1.069	±0.282	ab
JA	4.914	±0.054	c	1.338	±0.173	ab	0.752	±0.136	ab

## CONCLUSION

- Growth and corn yield obtained the best result from Alfisol by applying corncob biochar – manure combination which is increased 7.7% by manure singly and 44.8% by corncob singly in Alfisol.
- Utilization of jengkok biochar – manure combination give the best result in Litosol, with average increase of corn yield 132.5%. in fact, manure applied in singly or combination with biochar types indicate increased yield (compared to controls).
- The best growth of plants showed on manure application in Entisol, even biochar and organic fertilizers usage by singly or combination showed the same yield, however showed 108% increased yet compared to controls.
- Various biochar and organic fertilizer application in Entisol indicate the same corn yield.
- Corncob biochar and manure application in Alfisol resulted in N (0.24%), P (114.1 mg kg<sup>-1</sup>), and K (4.70 me 100 g<sup>-1</sup>) levels balanced for the best corn shelled yield. More over, rise husk biochar and manure application on Litosol produced N (0.19%), P (45.56 mg kg<sup>-1</sup>), and K (0.67 me 100 g<sup>-1</sup>) in levels balanced for the best seed yield.

## REFERENCE

- Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., Cornelissen, G. 2015. Biochar Amendment Increases Maize Root Surface Areas and Branching: A Shovelomics Study in Zambia. *Plant Soil* 395: 45–55.
- Ardakani, M. R. and M. Sharifi. 2017. Worm Castings-Based Growing Media with Biochar and Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Producing Organic Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Greenhouse. *Iranian Journal of Plant Physiology* 7 (3), 2083–2093.
- Asai, H., Samson, B.K., Stephan, H.M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., Inoue, Y., Shiraiwa, T., Horie, T. 2009. Biochar Amendment Techniques for Upland Rice Production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crop Res.* 111, 81–84.
- Bai, S.H., Reverchon, F., CY, X., ZH, X., Blumfield, T.J., Zhao, H.T., Van Zwieten, L., Wallace, H.M. 2015. Wood Biochar Increases Nitrogen Retention in Field Settings Mainly Through Abiotic Processes. *Soil Biol Biochem* 90:232–240.
- Biederman, L.A., Harpole, W.T. 2013. Biochar and Its Effects on Plant Productivity and Nutrient Cycling: A Meta-Analysis. *GCB Bioenergy*. 5: 202214.
- Bruun, E.W., Petersen, C.T., Hansen, E., Holm, J.K., Hauggaard-Nielsen, H. 2014. Biochar Amendment to Coarse Sandy Subsoil Improves Root Growth and Increases Water Retention. *Soil Use Manag.* 30, 109–118.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., Joseph, S. 2008. Agronomic Values of Greenwaste Biochar as A Soil Amendment. *Soil Res.* 45, 629–634.
- Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G.D., Rutherford, D.W., Sparrevik, M., Hale, S.E., Obia, A., Mulder, J. 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. *Agronomy* 3, 256–274.
- Dugan, E., Verhoef, A., Robinson, S., Sohi, S. 2010. Biochar from Sawdust, Maize Stover and Charcoal: Impact on Water Holding Capacities (WHC) of Three Soils from Ghana. 19th World Congress of Soil Science, Symposium, pp. 9–12.
- Gaskin JW, Speir RA, Harris K, Das KC, Lee RD, Morris LA. 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrients, corn nutrient status, and yield. *Agron J* 102:623–633.
- Haryono. 2013. Lahan Rawa: Lumbung Pangan Masa Depan Indonesia. IAARD Press, Jakarta. 141 hlm.
- Haefele MS, Konboon Y, Wongboon W, Amarante S, Maarifat AA, Pfeiffer ME. 2011. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems. *Field Crops Res.* doi:10.1016/j.fcr.2011.01014.
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., Regina, K. 2011. Biochar Addition to Agricultural Soil Increased CH<sub>4</sub> Uptake and Water Holding Capacity – Results from A Short-term Pilot Field study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 140:309–313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>.
- Koide, R.T, Nguyen, B.T., Skinner, R.H., Dell, C.J., Peoples, M.S., Adler, P.R., and Drohan, P.J. 2015. Biochar Amendment of Soil Improves Resilience to Climate Change. *GCB Bioenergy* 7: 1084–1091, doi: 10.1111/gcbb.12191
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J.O., Thies, J., Luizão, F.J., Petersen, J., Neves, E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1719. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0383>.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., Pan, G., Paz-Ferreiro, J. 2013. Biochars Effect on Crop Productivity and The Dependence on Experimental Conditions - A Meta - Analysis of Literature Data. *Plant Soil* 373: 583–594.
- Martinsen, V., Mulder, J., Shitumbanuma, V., Sparrevik, M., Børresen, T., Cornelissen, G., 2014. Farmerled Maize Biochar Trials: Effect on Crop Yield and Soil Nutrients Under Conservation Farming. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 177, 681–695.
- Mulyani, A. dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Suboptimal Untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2: 47–56.
- Naeem, M. A., M. Khalid, M. Arshad and A. Rashid. 2014. Yield and nutrient composition of biochar produced from different feedstocks at varying pyrolytic temperatures. *Pak. J. Agri. Sci.* 51(1): 75–82.
- Obia, A., Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G., Børresen, T. 2016. In Situ Effects of Biochar on Aggregation, Water Retention and Porosity in Light-textured Tropical Soils. *Soil Tillage Res.* 155: 35–44.
- Ouyang, L., Q. Tang, L. Yu and R. Zhang. 2014. Effects of amendment of different biochars on soil enzyme activities related to carbon mineralisation. *Soil Research*, 52: 706–716.
- Phares, C. A., Osei, B. A., and Tagoe, S. 2017. Effects of Biochar and Poultry Manure on the Composition of Phosphorus Solubilizing Fungi and Soil Available Phosphorus Concentration in an Oxisol. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 12(2): 1–15, 2017; Article no.JAERI.34526.

- Situmeang, Y.P. 2017. Agronomic Effectiveness of Bamboo Biochar on Corn Cultivation in Dryland. *J. Biol. Chem. Research*. Vol. 34, No. 2: 704-712.
- Srinivasarao, C.H., Gopinath, K.A., Venkatesh, G., Dubey, A.K., Wakudkar, H., Purakayastha, T.J., Pathak, H., Jha, P., Lakaria, B.L., Rajkhowa, D.J., Sandip Mandal, Jeyar Aman, S., Venkateswarlu, B., and Sikka, A.K. 2013. Use of Biochar for Soil health management and greenhouse gas mitigation in India: Potential and constraints, Central Research Institute for Dryland Agriculture, Hyderabad, Andhra Pradesh, 51p.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J., Nehls, T., De Macêdo, J.L.V., Blum, W.E.H., Zech, W. 2007. Long Term Effects of Manure, Charcoal and Mineral Fertilization on Crop Production and Fertility on A Highly Weathered Central Amazonian Upland Soil. *Plant and Soil* 291:275-290. [http://dx.doi.org/ 10.1007/s11104-007-9193-9](http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9193-9).
- Sukartono and Utomo, W.H. 2012. The Role of Biochar as A Soil Amendment in Maize Cultivation on Tropical Loam Soil (Sandy Loam) of Tropical Semiarid of Lombok. *Buana Sains* 12 (1) : 91-98 (in Indonesian).
- Tiessen, H., Cuevas, E., Chacon, D. 1994. The Role of Soil Organic Matter in Sustaining Soil Fertility. *Nature*, v.371, p.783-785.
- Wang, Y., Zhang, L., Yang, H., Yan, G., Xu, Z., Chen, C., Zhang, D. 2016. Biochar Nutrient Availability Rather than Its Water Holding Capacity Governs The Growth of both C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Plants. *J Soils Sediments* 16: 801–810.
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T., and Karamina, H. 2017. Characterization of Biochar Combination With Organic Fertilizer: The Effects on Physical Properties of Some Soil Types. *Bioscience Research*, 2017 14(4): 955-965.
- Zwieten VL, Kimber S, Morris S, Chan YK, Downie A, Rust J. 2010. Effect of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil* 327:235–246

## Lampiran 5. Paten Sederhana

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI)  
DIREKTORAT JENDERAL PENGUATAN RISET DAN  
PENGEMBANGAN**

Jl. M.H. Tharmrin No.8, Jakarta 10340 - Gedung 2 BPPT, Lantai 20  
Telepon (021) 316-9778. Faksimil (021) 3102156  
Homepage : [www.ristekdikti.go.id](http://www.ristekdikti.go.id).

No : \ut°9E5.I/LLI20 18 Db November 2018  
Lampiran : I (satu) Set  
n : Undangan Kegiatan Pendampingan Penyusunan Deskripsi Paten TA 2018  
Perihal

Yth. Ketua/Kepala Lembaga Penelitian/LPPM (daftar terlampir)

Dalam rangka menindaklanjuti hasil seleksi proposal Unggulan Berpotensi Kekayaan Intelektual (Uber KI), Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan C.q. Direktorat Pengelolaan Kekayaan Intelektual akan menyelenggarakan **Kegiatan Pendampingan Penyusunan Deskripsi Paten** bagi inventor yang lolos seleksi proposal.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas, dengan ini kami mohon bantuan Bapak/Ibu untuk menginformasikan dan menugaskan kepada nama-nama terlampir, yang terpilih berdasarkan hasil seleksi proposal Uber KI oleh Tim Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, untuk mengikuti kegiatan tersebut yang akan dilaksanakan pada:

Hari llanggal : Senin-Selasa, 19-20 November 2018  
Pukul : 13.30 WIB s.d selesai, diawali makan siang  
Tempat : Hotel The 101 Bogor Suryakencana Bogor  
Jalan Suryakencana No.179 -181, Babakan Pasar, Bogor Tengah, Babakan  
Ps., Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16141  
Telepon: (0251) 7805 101

- ~ Peserta **diwajibkan** menyiapkan *softcopy draft* dokumen paten dari proposal Uber KI, membawa laptop serta surat tugas dari pimpinan;
- ~ Peserta **diwajibkan** datang tepat waktu dan mengikuti seluruh acara kegiatan sesuai jadwal;
- ~ Mengisi Form Kesiapan di email: [paten@ristekdikti.go.id](mailto:paten@ristekdikti.go.id) dan [subditvaluasi@gmail.com](mailto:subditvaluasi@gmail.com) paling lambat tanggal 15 November 2018, pukul 10.00 WIB;
- ~ Panitia menanggung biaya perjalanan darat, perjalanan udara PP (dari lokasi instansi ke lokasi acara dan sebaliknya) dengan penerbangan ekonomi terarah Non Garuda bagi peserta dari luar Jakarta, akomodasi dan konsumsi untuk peserta selama kegiatan berlangsung;
- ~ Bukti *invoice* / harga tiket PP dan *boardingpass* diserahkan kepada panitia saat registrasi;
- ~ Membawa lembar SPPD yang telah ditandatangani oleh Pimpinan (terlampir).

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Pengelolaan Kekayaan Intelektual,  
- - - > -

Terselamatan :

1. Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
2. Rektor/Direktur/Ketua Perguruan Tinggi

Lampiran : 1...\oc:rE5.I/LL12018  
No : Unclangan Kcgiatan Pcdampingan Penyusunan Deskripsi Paten TA 2018  
Perihal

Daftar Universitas

Politeknik Caltex Riau

- 2 Universitas Jarnbi
- 3 Politeknik Negeri Batam
- 4 Universitas Jarnbi
- 5 Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- 6 Universitas Sriwijaya
- 7 Institut Pertanian Bogor
- 8 Politeknik Negeri Pertanian Pangkep
- 9 Universitas Pasundan Bandung
- 10 Politeknik Negeri Lampung
- 11 Universitas Wijaya Kusuma Surabaya
- 12 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jatirn
- 13 Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- 14 Universitas Lambung Mangkurat
- 15 Institut Teknologi Nasional Malang
- 16 Universitas Malikussaleh
- 17 Universitas Sebelas Maret
- 18 Universitas Ma Chung
- 19 Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang
- 20 Universitas Muhammadiyah Surakarta
- 21 Universitas Riau
- 22 Universitas Syiah Kuala
- 23 Universitas Jenderal Achmad Yani
- 24 Universitas Surabaya
- 25 Universitas Papua
- 26 Universitas Muhammadiyah Metro
- 27 Universitas Muhamrnadiyah Palangkaraya
- 28 Universitas PGRI Ronggolawe Tuban
- 29 Universitas Swiss German
- 30 Institut Pertanian STIPER Yogyakarta
- 31 Universitas Maritim Raja Ali Haji
- 32 Universitas Sari Mutiara Indonesia



NO	NAMA	PERGURUAN	JUJUL USULAN TINGGI
1	Dr Waras Nuecholis,S.Si.M.Si	Institut Pertanian Bogor	Ekstrak Air - Etanol Dari Parian Unggul Rirnpang Temu Ireng Sebagai Antikanker Payudara
2	Dr Irrnanida Batubara.Ssi.Msi	Institut Pertanian Bogor	Kornbinasi Ekstrak Batang Dan Kulit Buah <i>Nyirih(Xylocarpus Granatum)</i> Sebagai Bahan Kecantikan Untuk Pernutih, Anti Pcnuaan dan Anti Jerawat
3	Prof Dr Ir Fransiska Rungkat Zakaria,M.Sc	Institut Pertanian Bogor	Proses Pengolahan Ternnal Kacang Kecipir Tinggi Protein Dan Bebas Patio
4	Dr Irma Isnafia Ari:f,Spt.Msi	Institut Pertanian Bogor	Formula Yogurt Probiotik Rosella Untuk Fungsi Kesehatan dan Proses Pembuatannya.
5	Dr 'lessie Widya Sari	Institut Pertanian Bogor	Cangkang Telur Ayam Untuk Aplikasi Peningkatan Produksi Biogas Dari Limbah Cair Kelapa Sawit.
6	Dr Nisa Rachmania Mubarik,Msi	Institut Pertanian Bogor	Bakteriosin Dari Bakteri Asam Laktat Sebagai Biopreservatif dan Metode Pembuatannya.
7	Dr II' Sugeng Ari Wisado	Institut Pertanian Bogor	Baterai Air Laut Sebagai Sumber Energi Larnpu Penangkapan Ikan.
8	Prof Dr Ir Nurjanah,MS	Institut Pertanian Bogor	Masker Wajah Dari Rumput Laut Indonesia
9	Prof Dr II' Nurjanah,MS	Institut Pertanian Bogor	Pomade Rum put Laut Diperkaya Tropical Herbs Untuk Rambut Sehat dan Stylish.
10	Dr II' Iriani Setyaningsih	Institut Pertanian Bogor	Formulasi Sediaan Masker <i>Feel-Qff</i> Berbasis Spirulina dan Kolagen.
11	Dr II' Herdhata Agusta	Institut Pertanian Bogor	Abu Terbang Formulasi Slurry Dengan Asam Lernah Sebagai Amelioran Tanah.
12	Dr II' WiniTrilaksani,MS	Institut Pertanian Bogor	Ekstraksi I3ersih Dan Karakterisasi Virgin Fish Oil Mata Tuna <i>iThunnus Sp.</i> .
13	Dr II' Irzaman.Msi	Institut Pertanian Bogor	Tungku Sekarn Skala Industri Kecil
14	Mokhammad fakhrol ulum	Institut Pertanian Bogor	Perangkat Diagnostik Mikrofluida Penyeka Ka pas dan Benang Katun Untuk Deteksi Cepat Kehamilan.
15	Drh Huda S Darusnan, Msi.PhD	Institut Pertanian Bogor	<i>Prisma-Primateportable Spat ial Mem JJY Assessment</i> (Pcrangkat Uji iNeurosains Sederhana Untuk Ekplorasi Fungsimernori Pada Satwa Primata).
16	Dr Uus Saepuloh,Ssi. Mbiomed	Institut Pertanian Bogor	Metode Produksi Enzim Rekombinan Dna Polimerase Termofil Asal Gen Sintetik <i>Pyrococcus Furiosus</i> .
17	Dr. Jr. Andreas Wahyu Krisdiarto, M.Eng	Insti tut Pertanian STI PER Yogyakarta	Alat Pernantau Tinggi Muka Air Lahan Rambut Perkebunan Kelapa Sawit Dengan Pengiriman Sms Otoratis
18	Dr Eko Yohanes,ST.MT	Institut Teknologi Nasional Malang	Sistem Desalinasi Vakum Gravitasialami.



PERGURUAN			
NO	NAMA	TINGG)	JUDUL USILAN
19	Aladin Eko Purkuncoro.ST. MT	Insti tut Tekno logi Nasional Malang	Mesin Pasteurisasi Susu Otoratis Portable'
20	Syafriandi,STP.M.Si	LPPM Universitas Syiah Kuala Banda Aceh	Alai Pernotong Tunggul Tebu Pisau Rotary Vertikal Dengan Traktor Roda Dua.
21	Dr Hendriko, ST.M.Eng	Politeknik Caltex Riau	Mesin Pengupas Nanas Otoratis
22	Rahman Hakim	Politeknik Negeri Batam	Alat Penyarnbung Pilamen Printer 3d Sederhana.
23	Rahman Hakim	Politeknik Negeri Batarn	Alat Bantu Pengait Tali Derek Motor Bebek Sederhana
24	Ir Beni Hidayat,Msi	Politeknik Negeri Lampung	Metode Produksi Tepung Onggok Tinggi Protein dan Rendah Hen Untuk Bahan Baku Pangan Melalui Penerapan Proses Fermentasi Semi Padat,
25	Dr tvlu'minah,SP.MP	Politeknik Negeri Pertanian Pangkep	Proses Seleksi Bakteri Penghasil <i>Eksopolisakarida</i> ; (Eps) Sebagai Promotor Pertumbuhan Tanaman Pada Pertanaman Kcntang Dataran Tinggi.
26	Dr Ir Mardalena,MP	Universitas Jambi	! Metode Pernbuatan Dan Aplikasi Produk , Probiotik Kulit Nenas ( <i>Prolinas</i> )Dalam Pakan Ternak Ruminansia
27	Dr Rer Nat Muhaimin,S.Pd.M.Si	Universitas Jarnbi	Formulasi Sediaan Granul Instan Ekstrak Daun <i>Sengkubungon</i> ( <i>Macaranga Giganlea</i> )Sebagai Obat Malaria.
28	Dr. Evi Sovia, dr., M.Si	Universitas Jenderal Achmad Yani	Komposisi Ekstrak Etanol Daun Dewa <i>tGynura</i> <i>Divaricata</i> ) dan Penggunaannya Sebagai Herbal Antidiabetes
29	Dr Ir Hery Winarsi,MS	Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto	Komposisi Susu Kecarnbah Kacang Merah Kaya Protein dan Antioksidan Fenolik Serta Rendah Lemak Sebagai Minuman Alternatif Penderita Obesitas.
30	Iryanti Fatyasari Nata,ST.MT.PhD	Universitas Lambung Mangkurat	Komposisi Meningkatkan Konsentrasi Asam Pada
31	Iryanti Fatyasari Nata,ST.MT.PhD	Universitas Larnbung Mangkurat	Kornposisi Pernbuatan Plastik Biodegradable Fungsional Dari Pati Kulit Ubi Nagara ( <i>Ipomoea</i> <i>Batatas J</i> ) dan Kulit Udang Windu ( <i>Penaeus</i> <i>Monodon</i> ).
~ChairUI	Irawan,ST.MT.PhD	Universitas Larnbung Mangkurat	Komposisi Produksi Glukosa Cair Berantioksidan Dari Pati Ubi Nagara ( <i>Dioskorea Alata L</i> ) dan Ekstrak KaYII M,Anis <i>tCinnamomun Verum</i> ).
33	Dr Slamet,Spi.Msi	Universitas Lambung Mangkurat	Metode Pencantasan Telur Ikan Betok <i>tAnabas</i> <i>Testudineusi</i> Menggunakan Suhu Rendah Untuk Produksi Benih Betina.
34	Dr Rini Hustiany,STP.Msi.	Universitas Larnbung Mangkurat	Metode Pernbuatan <i>Cookies Nila Balon</i> <i>Terfermentasi</i> Dari Tepung Ubi Jalar Putih dan Tepung Kecarnbah Kacang Nagara ( <i>Vigna</i> <i>Unguiculata Spp Cylindrica</i> ).

35 Dr Rini  
Hustiany,STP.Msi.

Universitas Larnbung  
Mangkurat

Metode Pernbuatan Kecarnbah Kacang Nagara  
(*Vigna Unguiculata Spp Cylindrica*).

NO	NAMA	PERGURUAN	JUDUL USULAN TINGGI
36	Eva Mollica, M.Sc., ApI.	Universitas Ma Chung	Formulasi Spray Minyak Atsiri Masoyi Dengan Sistem Penghantaran <i>SelfEmulsifying</i> Sebagai Pengobatan <i>Candidiasis Oral</i>
37	Sulhatun, ST. MT.	Universitas Malikussalch	Alat Destilasi Untuk Pernurnian Asapcair
38	I-enky Irawan, S.Pi., MP., M.Sc	Universitas Maritim Raja Ali Haji	Terumbu Beton Sederhana
39	Suharno Zen, M.Sc.	Universitas Muhammad iyah Metro	Formulasi Lotion Antinyamuk Dari Bunga Tahi Kotok Yang Murah Dan Aman Terhadap Lingkungan
40	Rezqi Handayani, M.P.H., Apt.	Universitas Muhammadiyah Palangkaraya	Formulasi Gummy Bawang Dayak Asal Kalimantan Tengah
41	Sisumndar, PhD	Universitas Muhammadiyah Purwokerto	Produksi Benih Tebu Siap Tanam Melalui Kultur Meristem.
42	Ambarwati, M.Si	Universitas Muhammadiyah Surakarta	Komposisi Sampo Antiketombe Dari Kombinasi Ekstrak Daun Pandan Wangi dan Ekstrak Buah Mengkudu
43	Reniana S.TP., M.Sc	Universitas Papua	Mesin Ekstraksi Pati Sagu Model Pengaduk Berulir
44	Gatot Santoso, Ir.MT	Universitas Pasundan Bandung	Cetakan Tempa Panas Paku
45	Il' Farid Rizayana, MT	Universitas Pasundan Bandung	Gearbox Untuk Traktor/Kultiyator Multifungsi.
46	Dr Dedi Lazuardi, Ir.DEA.	Universitas Pasundan Bandung	Kursi Lipat Untuk Manula.
47	Dr.Dra Hj Sutini, MPd	Universitas Pembangunan Nasional Veteran	Teknik Produksi Asam Galat Melalui Kultur <i>In Vitro Kalus Camellia Sinensis L.</i>
48	Dr. Marita Ika Joesidawati, ST., M.Si., M.Pd.	Universitas PORI Ronggolawe Tuban	Jatim Alat Pengasapan Ikan <i>Efthilink</i>
49	Dr. Yelmida Azis, M.Si	Universitas Riau	Esterifikasi Palm Fatly Acid Distillate (PIad) Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis Heterogen Cu-Hidroksiapatit
50	Barita Aritonang, ST., M.Si	Universitas Sari Mutiara Indonesia	Metode Modifikasi Karat Alum Siklis Dengan Asam Oleat Dan Benzoil Peroksida
51	Teguh Endah Saraswati, M.Sc., Ph.D	Universitas Sebelas Maret	Metode Pembuatan Material Magnetik Oksida Besi Magnetit, Maghemit Dan Hematit Dengan Elektrolisis Paku Besi Diikuti Kalsinasi
52	R R Yunita Bayu Ningsih, ST.MT	Universitas Sriwijaya	Metode Coating Batubara Dengan Menggunakan Minyak Kelapa.
53	Selpiana, ST., MT	Universitas Sriwijaya	Desain Peralatan Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair

			JUDUL USULAN
NO	NAMA	PERGURUAN TINGGI	
54	Kartini, S.Si., M.Si., Apt., Ph.D.	Universitas Surabaya	Sediaan Gel Ekstrak Daun Sendok Sebagai Terapi Pendamping Luka Kaki Diabetes
55	Mutiara Pratiwi, STP., M.si	Universitas Swiss German	Formulasi Tepung Goreng Pelapis ( <i>Batter Coating</i> ) yang Diperkaya Pati Resisten Dari Pisang Kepok Untuk Mengurangi Serapan Minyak Pada Produk Gorengan
56	Dr. Rahmi, M.Si	Universitas Syiah Kuala	Komposit Khitosan/Selulosa Sebagai Adsorben Ion Logam Berat
57	Dr Il' Kgs Ahrnadi.Mf	Universitas Tribhuwana Tunggadewi Malang	Metode Sparasi Vitamin E Dan Fitosterol Secara Simultan Dari Distilat Asam Lemak Minyak Sawit Dengan Teknik Kristalisasi.
58	Dr. Il'. Widowati, MP	Universita s Tunggadewi Malang	Komposisi Biochar Jagung dan Tongkol
	Ir Endang Retno Wedowati.MT	Universitas Wijaya Kusuma Surabaya	Proses Pengolahan Gula Siwalan Cair Dengan Nilai Indeks Glikemik Rendah.

**FORM KESEDIAAN**  
**PELATIHAN PENDAMPINGAN PEMYUSUNAN DESKRIPSI PATEN**  
**Bogor, 19 – 20 November 2018**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap (gelar)	: Dr. Ir. Widowati, MP
Jenis Kelamin	: <del>Laki-laki</del> / Perempuan *)
Perguruan Tinggi/Instansi	: Universitas Tribhuwana Tunggadewi
Alamat Kantor/Perguruan Tinggi	: Jl. Telaga Warna, Tlogomas Malang
Telp/Fax	: 0341 – 565500 / 0341 - 565522
E-mail	: widwidowati@gmail.com
Alamat Rurnah	: Jl. Sasando 182 Malang, kode pos 65143
Telp/Fax/HP	: 0341 – 485606 / 0822 4571 1408

Dengan 'ini menyatakan bahwa saya ~~BERSEDIA/TIDAK BERSEDIA~~ \*) sebagai Peserta pada kegiatan tersebut di atas sesuai jadwal yang telah ditentukan .

Malang, 12 Nopember 2018

Yang menyatakan,



(Dr. Ir. Widowati, MP)

Catalan:

1. \*) coret yang tidak perlu;
2. Mohon formulir kesediaan dikirim kepada Panitia melalui : e-mail : [paten@ristekdikti.go.id](mailto:paten@ristekdikti.go.id) / [subditvaluasi@gmail.com](mailto:subditvaluasi@gmail.com) selambat-lambatnya tanggal 15 November 2018 pkl. 10.00 WIB.

Bagi pcserta yang berhalangan hadir, dapat diwakilkan kepada anggota tim dengan judul sesuai undangan dengan mernbawa sural penunjukan dari ketua tirn/kepala LP/LPPM/Sentra KI.

|

**PROPOSAL UBER HKI  
BANTUAN PENDAFTARAN PATEN**



**KOMPOSISI BIOCHAR TONGKOL JAGUNG DAN PENGGUNAANYA**

**Oleh :**

- |                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 1. Dr, Ir. Widowati, MP            | ( Ketua)  |
| 2. Ir. Taufik iskandar, M.AP       | (Anggota) |
| 3. Hidayati Karamina, SP., SH., MP | (Anggota) |

**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS TRIBHUWANA TUNGGADEWI  
TAHUN 2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1 | Judul Invensi   | : Komposisi Biochar tongkol jagung dan penggunaannya  |
| 2 | Ketua Pengusul  |   |
|   | a. Nama Lengkap                                       | : Dr. Ir. Widowati, MP  |
|   | b. Jenis Kelamin                                      | : P   |
|   | c. NIP/NIDN   | : 19650824 1993022001   |
|   | d. Bidang ilmu  | : Ilmu Tanah  |
|   | e. Pangkat/Golongan                                   | : Pembina / IV a  |
|   | f. Jabatan  | : Lektor Kepala   |
|   | g. Fakultas/Jurusan                                   | : Pertanian/ Agroteknologi  |
|   | h. Perguruan Tinggi                                   | : Universitas Tribhuwana Tungadewi.   |
|   | i. Telepon/Faks/E-mail                                | : 0341 - 565500/ 565522   |
|   | j. Alamat Rumah                                       | : Jl. Sasando 182 Malang  |
|   | k. Telepon/Faks/E-mail                                | : 0341 – 485606   |
|   | l. Ponsel   | : 0812 3313660  |
| 3 | Jumlah Anggota  | : 2 orang   |
|   | a. Nama Anggota I                                     | : Ir. Taufik Iskandar, M.AP   |
|   | b. Nama Anggota II                                    | : Hidayati Karamina, SP., SH., MP   |
| 4 | Jenis Paten<br>(lingkari yang dipilih)                | 1. Paten<br>② Paten Sederhana   |
| 5 | Penelitian/Pengabdian yang mendukung (sebutkan judul) | : Karakterisasi Biochar-Pupuk Organik pada Beberapa Jenis Tanah di Lahan Kering (165/TB-LPPM/TU-220/V/2017) |

Malang, 19 September 2018

Ketua Pengusul

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Anwar Hamzah, MP  
NIP. 196727052005011001

Dr. Ir. Widowati, MP  
NIP. 19650824 1993022001

Menyetujui  
LPPM



Kiki Nur Haryanto MP  
NIP. 196709052005011001

## SURAT PERNYATAAN INVENSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap (Ketua) : Dr. Ir. Widowati, MP

NIP/NIDN : 19650824 1993022001

Pangkat/Golongan : Pembina / IV a

Fakultas/Jurusan : Pertanian / Agroteknologi

Dalam rangka mengikuti program Bantuan Pendaftaran Paten Unggulan Berpotensi Hak Kekayaan Intelektual yang dilaksanakan oleh Direktorat Pengelolaan Kekayaan Intelektual, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Tahun 2018, menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

Judul Invenisi : Komposisi biochar tongkol jagung dan penggunaannya

Bidang Ilmu : Ilmu Tanah

Fakultas/Jurusan : Pertanian/ Agroteknologi

Perguruan Tinggi : Universitas Tribhuwana Tunggaladewi

Jumlah Anggota : 2 orang

belum pernah didanai untuk didaftarkan paten oleh instansi/lembaga lain. Apabila terbukti sebaliknya, saya bersedia untuk menanggung sanksi dari Direktorat Pengelolaan Kekayaan Intelektual, Ditjen Penguatan Risbang, Kemenristekdikti.

Malang, 19 September 2018

Yang menyatakan



(Dr. Ir. Widowati, MP)



## Sitematika Usulan Bantuan Pendaftaran Paten UBER HKI

### a. Uraian umum

1. Judul Invensi
2. Ketua Pengusul
  - a. Nama Lengkap dengan gelar : Dr. Ir. Widowati, MP
  - b. Jenis kelamin : P
  - c. NIP/NIDN : 19650824 1993022001
  - d. Bidang Ilmu : Ilmu tanah
  - e. Pangkat/ Golongan : Pembina / IV a
  - f. Jabatan fungsional/ struktural : Lektor Kepala
  - g. Fakultas/ Jurusan : Pertanian/ Agroteknologi
3. Anggota pengusul 1
  - a. Nama Lengkap dengan gelar : Ir. Taufik Iskandar, M.AP
  - b. Jenis kelamin : L
  - c. NIP/NIDN : 0731105801
  - d. Bidang Ilmu : Bioenergi
  - e. Pangkat/ Golongan : Penata Tk.1 / III d
  - f. Jabatan fungsional/ struktural : Lektor
  - g. Fakultas/ Jurusan : Teknik/ Teknik kimia
4. Anggota pengusul 2
  - a. Nama Lengkap dengan gelar : Hidayati Karamina, SP., SH., MP
  - b. Jenis kelamin : P
  - c. NIP/NIDN : 0704019101
  - d. Bidang Ilmu : Ilmu Tanaman
  - e. Pangkat/ Golongan : Penata muda Tk.1/ III b
  - f. Jabatan fungsional/ struktural : Asisten Ahli
  - g. Fakultas/ Jurusan
5. Bidang Teknologi : a. Kebutuhan manusia (Pertanian)
6. Jumlah klaim invensi : 3

## Uraian penelusuran Paten

No	Nomor paten	Keterangan
1	<b>EP 2524020 A2</b>	<p>Metode produksi biochar dan komposisinya diarahkan untuk menghasilkan biochar material oksigen yang memiliki properti tukar kation. Sumber biochar direaksikan dengan satu atau lebih senyawa yang mengandung oksigen dalam proses pembakaran tidak sempurna. Penemuan ini juga diarahkan untuk komposisi biochar oksigen dan formulasi tanah yang mengandung bahan biochar yang beroksigen</p> <p>(<a href="https://patents.google.com/patent/EP2524020A2/en?q=corn+cob+biochar">https://patents.google.com/patent/EP2524020A2/en?q=corn+cob+ biochar</a>).</p>
2	<b>CA 2838485 A1</b>	<p>Sistem dan metode untuk menghasilkan Char BMF dengan menggunakan reaktor biomassa fraksinasi di mana biomassa difraksinasi dengan suhu dan tekanan tertentu dan char BMF digunakan sebagai aditif tanah</p> <p>(<a href="https://patents.google.com/patent/CA2838485A1/en?q=corn+cob+biochar">https://patents.google.com/patent/CA2838485A1/en?q=corn+cob+biochar</a>).</p>
3	<b>US 9527780 B2</b>	<p>Meningkatkan kinerja biochar menggunakan pirolisis larutan asam dimana metode ini menghasilkan biochar yang dimodifikasi dan penggunaan biochar sebagai amandemen tanah. Biochar yang dimodifikasi dapat diproduksi dengan menghubungkan biochar dengan larutan asam.</p> <p>(<a href="http://pdfpiw.uspto.gov/.piw?Docid=09527780&amp;homeurl=http%3A%2F%2Fpatft.uspto.gov%2Fnetacgi%2Fnph-Parser%3FSect2%3DPTO1%2526Sect2%3DHITOFF%2526p%3D1%2526u%3D%2Fnethtml%2FPTO%2Fsearch-bool.html%2526r%3D1%2526f%3DG%2526l%3D50%2526d%3DPAL%2526S1%3D9527780.PN.%2526OS%3DPN%2F952778">http://pdfpiw.uspto.gov/.piw?Docid=09527780&amp;homeurl=http%3A%2F%2Fpatft.uspto.gov%2Fnetacgi%2Fnph-Parser%3FSect2%3DPTO1%2526Sect2%3DHITOFF%2526p%3D1%2526u%3D%2Fnethtml%2FPTO%2Fsearch-bool.html%2526r%3D1%2526f%3DG%2526l%3D50%2526d%3DPAL%2526S1%3D9527780.PN.%2526OS%3DPN%2F952778</a></p>

0%2526RS%3DPN%2F9527780&PageNum=&Rtype=&SectionNum=&idkey=NONE&Input=View+first+page).

- 4 **CN 105060274 A** Biochar sampah organik perkotaan secara pirolitik, kondisioner tanah dan metode penggunaan kondisioner tanah  
  
(<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/2c20258749bb5850b23d/CN105060274A.pdf>).
- 5 **WO 2017044968 A3** Paten Penerapan biochar dengan tujuan budidaya tanaman yang memiliki akar, dimana 95% dari partikel-partikel karbon berpori memiliki ukuran partikel kurang dari atau sama dengan 10 mm. Metode ini menggabungkan partikel karbon berpori ke dalam tanah di sekitar akar tanaman pada kedalaman antara 0-24 inci dari permukaan tanah, di mana partikel-partikel karbon berpori diposisikan di daerah sekitarnya akar tanaman dengan perbandingan antara 1 : 999-1: 1 partikel karbon berpori untuk tanah.  
  
(<https://patents.google.com/patent/WO2017044968A3/en?q=application+of+biochar+for+soil+remediation>).
- 6 **AS 9809502 B2** Peningkatan biochar yang diperlakukan untuk memiliki sifat kimia dan sifat fisik tertentu ditemukan memiliki dampak tertinggi pada pertumbuhan tanaman dan / atau kesehatan tanah. Secara khusus, berikut sifat fisik dan/ atau sifat kimia, antara lain, biochar telah diidentifikasi memiliki sifat penting untuk mengendalikan pemilihan bahan baku biomassa, kondisi pirolisis, dan / atau meningkatkan kinerja biochar: (i) kepadatan massa (ii) kapasitas peresapan; (Iii) distribusi ukuran partikel; (Iv) kepadatan partikel padat; (V) luas permukaan; (Vi) porositas; (Vii) porositas total; (Viii) rasio makro total porositas (ix) kandungan senyawa organik; (X) kandungan senyawa organik yang mudah menguap;

(Xii) kadar abu; (Xiii) kapasitas menahan air; (Xiv) kemampuan retensi air; (Xv) produk sampingan yang berpotensi berbahaya lainnya dari pirolisis; dan (xvi) pH.

(<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US9809502.pdf>).

- 7     **WO**                      Biochar sebagai pembawa mikroba  
      **2017117314 A1**  
      (<https://patents.google.com/patent/WO2017117314A1/en?q=use+of+biochar+in+agriculture+pdf>).

## **1. Uraian Potensi komersial**

### **Aspek penerapan di industri**

Peluang untuk memanfaatkan tongkol jagung sebagai bahan baku biochar cukup menarik untuk dikembangkan. Selain dapat mengurangi volume limbah, juga dapat menghasilkan produk terkini yang bermanfaat untuk meningkatkan nilai ambang ekonomi yang lebih baik. Pemanfaatan tongkol jagung sebagai biochar yang berperan sebagai bahan pembenah tanah dapat memberikan peluang usaha bagi industri kreatif di dimanapun berada. Hal ini sesuai dengan arahan dari Pemerintah dimana program untuk menanggulangi permasalahan sampah salah satu penerapan melalui 3R yaitu *reuse*, *reduce* dan *recycle*.

Biochar tongkol jagung merupakan produk yang dapat dijual oleh industri maupun perusahaan kepada penggunanya. Pengembangan produk lokal yang sesuai dengan kearifan nusantara merupakan serangkaian aktifitas yang diawali dari peluang pasar dan diakhiri dengan produksi, penjualan dan pemasaran produk. Beberapa aspek penerapan yang perlu dilakukan oleh industri yaitu :

- Perencanaan
- Pengembangan konsep
- Perencanaan tingkat sistem
- Perencanaan detail
- Pengujian dan perbaikan
- Produksi

Hampir semua bagian dari jagung mampu dimanfaatkan dengan baik. Bagian yang dibuat biochar kali ini yaitu pada tongkol jagung. Tongkol jagung dimanfaatkan

sebagai biochar tongkol jagung yang dapat dimanfaatkan oleh pelaku usaha dan industri.

### **Cakupan pengguna**

Biochar merupakan arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Biochar merupakan salah satu bahan organik yang memiliki sifat stabil dan dapat dijadikan pembenah tanah di lahan. Penggunaan biochar sebagai salah satu pilihan dimana sumber bahan organik segar dalam pengelolaan tanah untuk tujuan perbaikan dan peningkatan kualitas kesuburan tanah yang semakin berkembang. Saat ini fokus penting bagi para peneliti yaitu untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

Cakupan pengguna yang dapat memanfaatkan biochar tongkol jagung ini yaitu adalah perusahaan industri yang bergerak dalam budidaya pertanian, petani dan pelaku usaha perseorangan dibidang pertanian. Dengan adanya pembuatan biochar secara massal maka perusahaan industri yang bergerak dalam budidaya pertanian, petani dan pelaku usaha perseorangan dibidang pertanian meningkatkan produksi tanaman, efisiensi penggunaan pupuk, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan menjaga kesehatan lingkungan melalui perbaikan sifat-sifat tanah secara berkelanjutan.

### **Wilayah pasar yang menjadi target**

Wilayah yang menjadi target dalam pengembangan biochar tongkol jagung adalah wilayah yang memiliki luasan kesuburan dan produktivitas tanah yang rendah, lahan kritis/ lahan marginal dengan kondisi tanah yang miskin hara, kekurangan bahan organik, kekurangan air dan ketersediaan pupuk kimia (baik lahan kering maupun lahan basah). Karakteristik dengan kriteria diatas dapat ditemukan di penjuru daerah di Indonesia.

### **Urgensi kebutuhan terhadap invensi**

Biochar tongkol jagung sangat bermanfaat sebagai sarana yang penting untuk meningkatkan keamanan pangan dan keragaman tanaman di wilayah dengan tanah yang miskin hara, kekurangan bahan organik, dan kekurangan air dan ketersediaan pupuk kimia. Biochar mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas air dengan meningkatnya penyimpanan tanah bagi unsur hara dan agrokimia yang digunakan oleh tumbuhan dan tanaman. Selain itu penambahan biochar ke tanah meningkatkan ketersediaan kation utama dan fosfor, N total dan kapasitas tukar kation tanah (KTK)

yang pada akhirnya meningkatkan hasil tanaman karena dapat mengurangi risiko pencucian hara khususnya kalium dan N-NO<sub>3</sub>.

Tanah – tanah di Indonesia semakin lama semakin menurun tingkat kesuburannya. Banyak diantaranya merupakan lahan kritis/lahan terdegradasi. Lahan yang tidak dapat dikelola dengan baik sehingga secara bertahap menyebabkan kualitas tanah menurun dan berakibat pada penurunan produktivitas pertanian. Demikian pula dengan daerah bekas pertambangan yang tidak subur dan strukturnya telah rusak. Luas kedua tipe lahan tersebut semakin besar dan secara teori masih dapat direkonstruksi. Bila ditelusuri lebih dalam maka lahan pertanian yang rusak dapat dikembalikan lagi tingkat kesuburannya dengan cara mengelolanya dengan baik. Di sisi lain biochar (arang hayati) yang ditawarkan sebagai pembenah lahan mampu memberi solusi yang saat ini terjadi. Biochar dapat dibuat dari berbagai biomasa, bahkan limbah-limbah pertanian yang memenuhi syarat.

## **2. Rancangan deskripsi paten**

### **a. Judul invensi :**

Komposisi biochar tongkol jagung dan penggunaannya

### **b. Bidang teknik Invensi**

Sebagai bahan perbaikan tanah yang dapat meningkatkan kesuburan tanah di lahan kering, khususnya biochar yang dibuat dari tongkol jagung secara pyrolisis.

### **c. Latar belakang invensi**

Lahan kering sangat potensial dikembangkan mengingat keterbatasan luasan lahan subur dan ketidakmungkinan perluasan areal baru untuk lahan pertanian. Satari (1977) menyatakan lahan kering adalah lahan yang dalam keadaan alamiahnya sepanjang tahun tidak jenuh air dan tidak tergenang serta kelembaban tanah sepanjang tahun berada di bawah kapasitas lapang. Faktor pembentuk tanah akan menghasilkan berbagai jenis tanah yang memiliki sifat dan ciri yang berbeda sehingga mempengaruhi kesuburan tanah. Kendala internal lahan kering berkaitan dengan bahan induk tanah maupun faktor eksternal seperti iklim yang menyebabkan produktivitas lahan rendah.

Masalah yang seringkali muncul pada lahan kering adalah kapasitas menahan air dan ketersediaan air yang rendah sehingga menyebabkan cekaman kekeringan, peka terhadap erosi, mempunyai topsoil yang tipis, bahan organik rendah sehingga menyebabkan kapasitas adsorpsi dan kapasitas tukar kation rendah dan unsur hara

mudah tercuci, miskin unsur hara N, P, K, Ca, Mg sehingga memerlukan pemupukan anorganik dengan dosis tinggi. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan produktivitas lahan kering dengan menggunakan bahan organik. Bahan organik sebagai bahan pembenah tanah maupun sumber unsur hara memiliki sifat dan ciri yang berbeda, termasuk biochar. Biochar adalah produk dari dekomposisi termal biomassa yang dihasilkan oleh sebuah proses yang disebut pirolisis. Menurut Srinivasarao *et al.* (2013), konversi biomassa sisa tanaman menjadi biochar dan menggunakan char sebagai amandemen tanah adalah pendekatan baru.

Paten **EP 2524020 A2** tentang metode produksi biochar dan komposisinya, diarahkan ke metode untuk menghasilkan biochar material oksigen yang memiliki sifat tukar kation, dimana sumber biochar direaksikan dengan satu atau lebih senyawa yang mengandung oksigen dalam proses pembakaran tidak sempurna. Penemuan ini juga diarahkan untuk komposisi biochar oksigen dan formulasi tanah yang mengandung bahan biochar yang beroksigen.

Paten **CA 2838485 A1** menunjukkan tentang sistem dan metode untuk menghasilkan BMF Char menggunakan reaktor fraksinasi biomassa dimana biomassa difraksinasi dengan suhu dan tekanan tertentu, dan mengatakan BMF char digunakan sebagai aditif tanah. Patem **US 9527780 B2** menyebutkan bahwa meningkatkan kinerja biochar dengan menggunakan pirolisis acid stream dimana metode ini menghasilkan biochar yang dimodifikasi dan penggunaan biochar sebagai amandemen tanah. Biochar yang dimodifikasi dapat diproduksi dengan menghubungkan biochar dengan larutan asam yang diperoleh dari aliran asam yang diproduksi dalam proses pirolisis, yang menghasilkan biochar. Sesuai dengan salah satu aspek, biomassa selulosa yang dipirolisis untuk menghasilkan aliran yang mengandung asam organik, yang kental untuk menghasilkan solusi yang mengandung asam organik. Biochar ini kemudian dimodifikasi oleh kontak dengan larutan yang mengandung asam organik.

Paten **CN 105060274 A** mengungkapkan bahwa biochar sampah organik perkotaan secara pirolitik, kondisioner tanah dan metode penggunaan kondisioner tanah. Paten **WO 2017044968 A3** menunjukkan tentang metode untuk penerapan biochar dengan tujuan budidaya tanaman yang memiliki akar, dimana setidaknya 95% dari partikel-partikel karbon berpori memiliki ukuran partikel kurang dari atau sama dengan 10 mm. Metode ini menggabungkan partikel karbon berpori ke dalam tanah di sekitar akar tanaman pada kedalaman antara 0-24 inci dari permukaan tanah, di mana partikel-

partikel karbon berpori diposisikan di daerah sekitar akar tanaman dengan perbandingan antara 1 : 999-1: 1 partikel karbon berpori untuk tanah.

Paten **AS 9809502 B2** menyebutkan bahwa peningkatan biochar yang diperlakukan untuk sifat kimia dan fisik tertentu yang memiliki dampak tertinggi pada pertumbuhan tanaman dan / atau kesehatan tanah. Secara khusus, berikut sifat fisik dan/ atau sifat kimia, antara lain, biochar telah diidentifikasi sebagai sifat penting untuk mengendalikan dalam pemilihan bahan baku biomassa, kondisi pirolisis, dan / atau meningkatkan perlakuan untuk meningkatkan kinerja biochar: (i) kepadatan massa (ii) kapasitas penyerapan; (iii) distribusi ukuran partikel; (iv) kepadatan partikel padat; (V) luas permukaan; (vi) porositas; (vii) porositas total; (viii) rasio pori makro total (ix) kandungan senyawa organik; (x) kandungan senyawa organik yang mudah menguap; (xii) kadar abu; (xiii) kapasitas menahan air; (xiv) kemampuan retensi air; (xv) produk samping yang berpotensi berbahaya dari pirolisis; dan (xvi) pH.

Paten **WO 2017117314 A1** menunjukkan tentang biochar sebagai pembawa mikroba. Hasil-hasil penelitian tentang penggunaan biochar telah membuktikan bahwa biochar merupakan bahan amandemen tanah yang sangat prospektif (Wolf, 2008). Karena dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Glaser *et al.*, 2002; Chan *et al.*, 2007). Biochar sebagai bahan pembenah tanah telah digunakan pada lahan kering masam terdegradasi Taman Bogo Lampung, pada tanah sulfat masam di Kalimantan, lahan kering beriklim kering, tanah lempung berpasir di Lombok Utara, lahan kering dari wilayah berkapur Malang Selatan, dan tanah yang sedang terdegradasi. Biochar adalah teknologi kuno yang muncul kembali dan dipandang sesuai untuk solusi pada kondisi perubahan iklim. Biochar dihasilkan dari berbagai limbah organik/ biomassa dengan bahan baku yang tersedia melimpah, mengandung karbon yang tinggi dan bersifat stabil di dalam tanah. Abu di biochar berisi hara tanaman, sebagian besar basis seperti Ca, Mg dan K tetapi juga P dan mikronutrien termasuk seng, mangan. Biochar memiliki luas permukaan yang tinggi yang dapat meningkatkan KTK, pH, retensi hara, dan kapasitas memegang air, terutama di tanah bertekstur berpasir (Lehmann *et al.*, 2006).

Biochar ranting pohon legum dosis 10 t ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan pori aerase dari 16,7% vol menjadi 23,23% - 28,23% vol, pori air tersedia tanah (sangat rendah) dari 2,73% menjadi 4,62% (sangat rendah) dan 5,45% vol (rendah) (Nurida *et al.*, 2009). Khususnya wilayah lahan kering berkapur Malang Selatan, Tambunan *et al.* (2014)



menyebutkan biochar serasah jagung 20 t/ha ditambah serasah jagung 40 t/ha dapat meningkatkan P tersedia (242,95%) dan KTK (10,40%) tetapi aplikasi biochar serasah jagung 20 t/ha dapat menurunkan pH (14,47%) dan Ca (27,19%) pada tanaman jagung. Hasil penelitian Widowati (2014-2015), penambahan biochar sebelum tanam pada Alfisol yang sedang mengalami degradasi telah menghasilkan jagung pipilan kering yang relatif tetap selama tiga musim tanam.

Invensi yang diajukan ini menyediakan informasi bahwa biochar tongkol jagung yang dibuat dalam reaktor pada suhu 300 – 500<sup>0</sup>C dengan alat pirolisis *fixed bed* yang dilengkapi dengan cyclone separator yang tersambung dengan kondensor dengan karakteristik fisik (Widowati *et al.*, 2017) dapat meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah. Sebuah KTK lebih tinggi menunjukkan kapasitas yang lebih tinggi dari tanah untuk menyerap dan menahan nutrisi dan karenanya ketersediaan hara menjadi lebih tinggi 15 (Novak *et al.*, 2009).

#### d. Ringkasan invensi

Biochar yang dihasilkan berasal dari tongkol jagung. Tongkol jagung dijadikan biochar yang dibuat dalam reaktor pada suhu 300 – 500 <sup>0</sup>C selama 3-4 jam dengan alat pirolisis *fixed bed* yang dilengkapi dengan cylone separator yang tersambung dengan kondensor. Pirolisis dengan komposisi produk pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik biochar dan biomasa

Parameter	Biochar tongkol jagung	Tongkol jagung
Kapasitas Pegang Air (%)	249,6	
Bulk Density (grm/cm <sup>3</sup> )	0,27	
Ukuran Partikel (%)		
- Mesh 325 (0,044 mm)	0,8	
- Mesh >60 (0,250 mm)	14,25	
- Mesh Ukuran Butiran 30 (0,595 mm)	54,2	
- Mesh 18 (1,00 mm)	70,8	
pH (H <sub>2</sub> O 1:2,5)	9,46	5,10
Total C (%)	45,6	
C organik (%)		34,24
Ec (mili siemens)	4,67	
KTK cmol kg <sup>-1</sup>	40,12	
Abu (%) (Ash)	23,6	
N (%)	0,51	0,84
P (%)	0,46	0,35
K (%)	3,96	0,68
S, SO <sub>4</sub> (%)	0,41	

Na (%)	1,63	0,39
Ca (%)	2,45	0,44
Mg (%)	0,28	0,06
Mn (%)	0,03	

Setelah pembuatan biochar, dilanjutkan dengan aplikasi biochar tongkol jagung sebanyak 15 ton/ha pada tanaman jagung. Dosis biochar tongkol jagung sebanyak 15 ton/ha yang dikombinasi dengan pemupukan anorganik N,P,K. Pupuk Urea, SP<sub>36</sub>, KCl yang digunakan dengan dosis 135 kg N/ha, 36 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha dan 110 kg K<sub>2</sub>O/ha. Peningkatan KTK tanah dengan biochar tongkol jagung lebih tinggi daripada tanpa biochar tongkol.

#### e. Uraian lengkap invensi

Sebagaimana telah dikemukakan pada latar belakang invensi bahwa lahan kering dapat ditingkatkan kesuburannya dengan aplikasi biochar tongkol jagung. Biochar tongkol jagung yang diproduksi dari tongkol jagung dalam reaktor baja pada suhu 300 – 500<sup>0</sup>C selama 3-4 jam dengan alat pirolisis *fixed bed* yang dilengkapi dengan sistem separator yang tersambung dengan kondensor. Biochar yang dihasilkan masih mengandung unsur hara dengan komposisi pada Tabel 1.

Biochar tongkol yang telah digunakan pada tanaman jagung yang dipanen dapat mempengaruhi perubahan KTK tanah secara signifikan (Tabel 2).

Tabel 2. Komposisi kimia tanah dengan dan tanpa biochar tongkol jagung pada masing-masing jenis tanah pada saat panen jagung (112 hari)

Perlakuan	pH 1:1		C org (%)	N tot (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K	Na	Ca	Mg	KTK	Juml Basa	KB (%)
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N				NH4OAC1N pH:7 (me/100g)						
Entisol					Bray 1							
Tanpa biochar	6,3	5,8	0,18	0,05	12,12	0,91	1,50	6,62	0,17	11,86	9,20	78
Dengan biochar	6,5	6,1	0,39	0,08	19,32	2,07	2,12	7,38	1,20	14,91	12,78	85
Litosol					Olsen							
Tanpa biochar	7,0	6,6	0,80	0,12	0,91	0,69	2,00	32,36	0,29	35,79	35,76	99
Dengan biochar	7,0	6,6	1,16	0,13	9,94	2,20	1,47	34,30	0,53	38,35	38,51	100
Inseptisol					Bray 1							
Tanpa biochar	6,2	5,5	0,30	0,07	14,36	1,34	3,06	21,84	1,93	33,38	31,18	84
Dengan biochar	6,2	5,7	0,70	0,12	36,59	2,00	2,10	23,01	5,22	35,81	32,34	90

Tahapan produksi biochar sebagai berikut :

Sebelumnya tongkol jagung harus dipotong kecil dengan ukuran maksimal 5 cm dan harus kering dengan kadar air 10%. Tongkol jagung dimasukkan kedalam reaktor pyrolisis, dibakar dengan temperatur control di bagian atas dipertahankan tidak melebihi 80<sup>0</sup>C dan di bagian bawah dipertahankan berada dibawah 40<sup>0</sup>C. Selama proses, temperatur pyrolisis berlangsung antara 300-500 <sup>0</sup>C. Proses pyrolisis dinyatakan selesai jika panas pada dinding reaktor sudah merata dari atas sampai ke bawah dan jika dinding reaktor pyrolisis tidak terlalu panas biochar dikeluarkan. Biochar yang dihasilkan terlebih dahulu dihaluskan sebelum diaplikasikan ke dalam tanah. Komposisi kimia biomassa (tongkol jagung) dan biochar tongkol jagung disajikan pada Tabel 1. Biochar tongkol jagung yang diaplikasikan ke tiga jenis tanah sebanyak 15 ton/ha. Biochar tongkol jagung dicampur secara merata pada masing-masing jenis tanah (Entisol, Litosol, Inseptisol) yang berasal dari lahan kering. Benih jagung ditanam setelah ditumbuhkan dengan pemeliharaan yang baik hingga panen selama 112 hari. Hasil sifat kimia tanah setelah diberi biochar dan tidak diberi biochar dalam waktu 112 hari (panen) disajikan pada Tabel 2.

#### **f. Klaim**

1. Proses pembuatan biochar dari tongkol jagung dengan pyrolisis terdiri dari:
  - a. Tongkol jagung dimasukkan kedalam reaktor pyrolisis melalui lubang pemasukan (feeder) sampai batas dibawah lubang gas yang menuju Cyclone.
  - b. Tongkol jagung dibakar dengan menggunakan pemantik/korek api biasa sampai permukaan material umpan terbakar, bersamaan itu blower dinyalakan.
  - c. Setelah api dapat membakar material umpan secara merata kemudian reaktor pyrolisis ditutup rapat sampai asap tidak bocor. Temperatur kontrol bagian atas condensor mulai terlihat bergerak naik (>40<sup>0</sup>C) yang berarti proses pada reaktor pyrolysis sudah berjalan. Jika temperatur control tidak berubah (=40<sup>0</sup>C) berarti material umpan belum terbakar sempurna dan penyalaan harus diulang.
  - d. Temperatur control dipertahankan tidak melebihi 80<sup>0</sup>C, jika temperatur lebih 80<sup>0</sup>C maka aliran air dari water cooler harus ditingkatkan/ ditambah.
  - e. Temperatur control bagian bawah condensor dipertahankan berada dibawah 40<sup>0</sup>C agar asap yang keluar tidak terlalu banyak dan hasil condensasi cukup optimal, jika berlebih maka aliran air dari water cooler harus ditingkatkan/ ditambah.
  - f. Selama proses, temperatur pyrolisis berlangsung antara 300-500 <sup>0</sup>C. Jika panas pada dinding reaktor sudah merata dari atas sampai ke bawah maka proses pyrolisis

dapat dinyatakan selesai kemudian blower dimatikan. Kemudian ditunggu sampai kurang lebih 1 jam agar dinding reaktor pyrolysis tidak terlalu panas dan atau hasil pyrolysis yang berupa cairan betul-betul tuntas.

- g. Selanjutnya pintu outlet dibuka dan biochar dikeluarkan melalui pintu outlet bagian bawah reaktor dengan cara membuka greater. Setelah sistem operasi telah selesai, aliran air dari water cooler dimatikan dengan cara mematikan pompa distribusinya.
2. Proses pembuatan biochar sesuai klaim 1, dimana bahan baku berupa tongkol jagung dipotong kecil dengan ukuran maksimal 5 cm dan kadar air tidak lebih dari 10%.
3. Biochar tongkol jagung sesuai dengan klaim-klaim sebelumnya, setelah diaplikasikan ke dalam tanah diperlukan inkubasi selama 7 hari sebelum tanam.

#### **g. Abstrak**

#### **Komposisi Pembuatan Biochar Tongkol Jagung Dan Penggunaannya**

Invensi ini berhubungan dengan proses pembuatan biochar dari tongkol jagung dalam reaktor pyrolysis terdiri dari tahapan: a. Tongkol jagung dimasukkan kedalam reaktor pyrolysis melalui lubang pemasukan (feeder) sampai batas dibawah lubang gas yang menuju Cyclone kemudian dibakar dengan menggunakan pemantik/korek api biasa sampai permukaan material umpan terbakar dan bersamaan itu blower dinyalakan. b. Setelah api dapat membakar material umpan secara merata kemudian reaktor pyrolysis ditutup rapat sampai asap tidak bocor. Temperatur kontrol di bagian atas condensor mulai terlihat bergerak naik ( $>40^{\circ}\text{C}$ ) yang berarti proses pada reaktor pyrolysis sudah berjalan. Jika temperatur kontrol tidak berubah ( $=40^{\circ}\text{C}$ ) berarti material umpan belum terbakar sempurna dan penyalaan harus diulang. c.

Temperatur control dipertahankan tidak melebihi  $80^{\circ}\text{C}$ , jika temperatur lebih  $80^{\circ}\text{C}$  maka aliran air dari water cooler harus ditingkatkan/ ditambah. Temperatur control di bagian bawah condensor dipertahankan berada dibawah  $40^{\circ}\text{C}$  agar asap yang keluar tidak terlalu banyak dan hasil condensasi cukup optimal, jika berlebih maka aliran air dari water cooler harus ditingkatkan/ ditambah. d. Selama proses, temperatur pyrolysis berlangsung antara  $300-500^{\circ}\text{C}$ , jika panas pada dinding reaktor sudah merata dari atas sampai ke bawah maka proses pyrolysis dinyatakan selesai kemudian blower dimatikan. e. Kemudian ditunggu sampai kurang lebih 1 jam agar dinding reaktor pyrolysis tidak terlalu panas dan atau hasil pyrolysis yang berupa cairan betul-betul tuntas. f. Kemudian pintu outlet dibuka dan biochar dikeluarkan melalui pintu outlet bagian bawah reaktor dengan cara membuka greater. g.

Setelah sistem operasi telah selesai, aliran air dari water cooler dimatikan dengan cara mematikan pompa distribusinya. Biochar tongkol jagung diaplikasikan ke dalam tiga jenis tanah (Entisol, Litosol, Inseptisol) dan dilanjutkan dengan penanaman hingga 112 hari panen.

## Lampiran 7. Sertifikat Pemakalah pada Seminar Internasional dan Nasional



## Lampiran 8. Artikel Ilmiah pada Seminar Internasional dan Nasional

### THE SOIL ORGANIC DYNAMICS FROM TYPES BIOCHAR-ORGANIC FERTILIZERS AND SOIL

Widowati, Sutoyo, Taufik Iskandar, Hidayati Karamina

Tribhuwana Tunggaladewi University, Malang, Indonesia

widwidowati@gmail.com

#### *Abstract*

The aim of this study is to examine the effect of different types of biochar-organic fertilizer and soil on the dynamics of soil organic matter. Incubation research on three types of infertile soils and low productivity (viz. litosol, mediteran, regosol) is conducted in a greenhouse. There will be twelve applications of different treatments with biochar and organic fertilizer (single or mixed) with controls. The three kinds of biochar used are rice husk, corn cob and jengkok (by product of cigarette industry) and the organic fertilizer is taken from organic waste compost and chicken manure mixed with rice husks. Biochar-organic fertilizer mixed with soil 3.85 kg at 150 g pot<sup>-1</sup> (single) and 75 g pot<sup>-1</sup> (mixed) and incubated at 70-80% field capacity for 98 days in different pots. Soil organic carbon was observed after incubation of 7, 14, 28, 56, and 98 days. The results showed the highest increase of soil organic matter after being given biochar jengkok or corn cob biochar on clay textured soil but biochar jengkok or corncob mix biochar and compost on sandy soil. The highest regosol soil organic matter from biochar tobacco was given on the 14th day until the 56th, then the corn cob mixture biochar and compost on the 98th day. The highest organic soil lithosol material from biochar tobacco is tobacco, corn cob biochar, and biochar mixture of jengkok and compost at certain times. It can also be seen that the highest mediteran soil organic matter from biochar feeding to tobacco and corncob biochar from time to time.

**Keywords:** rice husk, corn cob, jengkok, litosol, regosol, mediteran

#### **Introduction**

The condition of land in Southern Malang Regency is dominated by dry land which naturally has low productivity. South Malang consists of several types of land, such as Litosol, Regosol, and Mediteran. Each type of soil has a different composition at one location with another location. Land is composed of minerals and organic materials that play an important role in providing water and nutrients for the sustainability of plant growth. Inferior organic matter causes poor soil parcels, especially nitrogen also resulting in low soil cation exchange capacity so that soil ability to store low nutrients. Soil material will affect the organic matter and / or soil minerals. As a result of low organic matter, the nutrients both from the weathering of the parent material and from the fertilizer will be easy to wash.

Efforts to improve soil fertility by using biochar and organic fertilizers have been widely practiced. According to Biederman and Harpole. (2013), potentially beneficial long-term carbon sinks such as soil improvement and improved crop growth. Oguntunde et al. (2008); Asai et al. (2009) reported that biochar can improve soil chemical properties (eg pH, CEC, cation) and physical properties (such as groundwater retention and hydraulic conductivity). According to Keiluweit et al. (2010) and Zimmerman. (2010), biochar with temperature and duration of production can show different chemical and physical properties. The characteristics of biochar are influenced by the nature of the raw materials, the pyrolysis temperature, and the process conditions (Manya, 2012). Positive effects of biochar on the most prominent results in tropical soil is very rusty and infertile (Steiner et al., 2007). Research on the characteristics of biochar produced from different feedstocks and the effects of biochar characteristics on several types of land is limited in number. Lehmann et al. (2011) states that biochar amendments may affect soil microbial populations and their activity, the application of biochar levels and soil characteristics itself needs research to monitor the soil response to biochar treatment. The research hypothesis that the biochar species will affect the biochar characteristics as well as give the effect of different organic carbon into the soil let alone applied to



different soil types. The study aims to examine the characteristics of biochar species and organic fertilizers in some soils types against the dynamics of soil organic matter.

## RESEARCH METHODS

### Soil

Composite 0-30 cm composite sample was taken from dry land in Southern Malang Regency, precisely in Purwodadi Village, Donomulyo Subdistrict, Sukowilangun Village, Kalipare Subdistrict, and Sumberrejo Village, Poncokusumo Subdistrict. Donomulyo District is located at 112 ° 23'30 " - 112 ° 29'64" BT and 8 ° 16'75 " - 8 ° 19'81" LS with soil of Litosol type Entity Order. Ground ground material Litosol of a type of igneous rock or hard sediment that has not undergone a perfect weathering process. The soil is infertile and the productivity is low. Kalipare Sub-district is 21,950 - 29,610 BT and 9,400 - 16,480 LS with Red and Yellow Mediteran land of Afisol Order. Land from Kalipare is not used for agriculture because almost all types of plants can not grow well. Kecamatan Poncokusumo, distance to the district capital approximately 24 km with Regosol land Entisol Order. The soil of Poncokusumo is planted with unfavorable vegetables.

Air dry ground samples at room temperature with moisture content of 0.34 g g<sup>-1</sup> (Regosol); 0.5 g g<sup>-1</sup> (Litosol); And 0.61 g g<sup>-1</sup> (Mediteran). Soil properties were determined using the Soil Laboratory Survey Manual method, (2004). Particle size distribution by pipette method; Soil organic carbon by oxidation with potassium dichromate; Cation exchange capacity by ammonium acetate method, pH by pH meter in aqueous solution.

### Biochar Production

Biochar raw materials are produced from rice husks, corncobs, and tobacco industry waste (jengkok). Biochar rice husks and corncobs are produced at 350 - 500°C for 4 hours at the Bioenergy Laboratory of Tribhuwana Tunggal University Malang, Biochar is produced with fixed bed pyrolysis equipment equipped with a separator system connected to the condenser. Biochar jengkok tobacco is produced at 700°C for 10-15 minutes at PT. Gudang Garam, Tbk with ethanol pyrolysis tools. Raw husk raw material from rice milling in Malang and dry corn cob from PT. BISI International Branch of Kediri.

### Characterization of biochar and organic fertilizer

Biochar characterization is performed by measuring the physical properties using standard procedures. Physical properties such as bulk density (FCO, 1985), water holding power by AOAC method 19th Ed., 2012, method 969.05; Total C with gravimetric method, particle size (ASTM) with mechanical. Organic fertilizers are analyzed by standard procedures.

### Incubation of biochar and organic fertilizer in the soil

The experiments were conducted at the Tribhuwana Tunggal University greenhouse, Malang, Indonesia (7,48 '50 "BS and 112o.37 '41" BT) with daily temperatures varying between 16o-36oC with relative humidity of about 43-86%, and light intensity 365-1997 lux. Treatment consists of 2 factors, first factor is soil type (Regosol, Litosol and Mediteran). The second factor is biochar and organic fertilizer, consisting of 12 treatments. Provision of biochar and organic fertilizer on each soil is repeated three times so that there are 108 pots. Each soil sample was placed into a plastic pot (18 cm in diameter and 25 cm high) and incubated for 98 days. Biochar corncobs are milled for <2 mm, biochar jengkok tobacco and biochar rice husk are applied directly.

3.85 kg of soil mixed with 150 g of biochar or organic fertilizer according to treatment but mixture of biochar (75 g) and organic fertilizer (75 g) by comparison (1: 1) at 4% dry weight level and 1.2 Mg bulk density M3 (similar to field conditions). The weight of soil and biochar and or organic fertilizer of each pot to 4 kg. This is equivalent to the biochar amendment and / or organic fertilizer 9.6 ton ha<sup>-1</sup> in a layer of 20 cm. During incubation, groundwater content is maintained at 0.11-0.18 g g<sup>-1</sup> (equivalent to 70 - 80% of field capacity) with 1 liter of water added every 21 days. Use 70 - 80% of field capacity to get dry conditions. To assess the effects of changes in biochar and or organic fertilizer on soil organic matter measured at 7, 14, 28, 56 and 98 days incubation.

### Statistic analysis

This research uses nested design. Factor 1 (Nest) is a type of soil, namely the land of Regosol, Litosol and Mediteran. Factor 2 (the nested) is biochar and organic fertilizer, namely:

Controls:	Without	S: Biochar rice husk	T: Biochar corn cob	J: Biochar jengkok
-----------	---------	----------------------	---------------------	--------------------

biochar and organic fertilizer			tobacco
SA: Biochar rice husk-chicken manure	SK: Biochar rice husk-compost	TA: Biochar corn cob-chicken manure	TK: Biochar corn cob-compost
JA: Biochar jengkok tobacco-chicken manure	JK: Biochar jengkok tobacco-compost	A: Manure chicken	K: Compost

After analyzed with Two Way ANOVA, followed by DMRT (*Duncan Multiple Range Test*).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Characteristics of soil

Characteristics of each soil type are shown in Table 1. The sandy textured regosol soils have very low organic carbon with a sand fraction of 86%. The soil litosol and mediteran textured clay, respectively 65% and 76%. Soil organic carbon is low (lithosol) and very low (mediteran). All soils have low C/N and acid pH (mediteran and regosol) to slightly acid (litosol).

Table 1. Soil characteristics

Indicator	Litosol	Mediteran	Regosol
pH H <sub>2</sub> O	6,40	5,30	5,50
pH KCl 1N	6,10	5,00	5,30
C organic (%)	1,36	0,72	0,48
C/N	8	7	7
Sand (%)	11	9	86
Dust (%)	24	15	3
Clay (%)	65	76	11
Texture	Clay	Clay	Sand Clay

### Physical characteristics of biochar and organic fertilizer

The physical characteristics of biochar and organic fertilizer are presented in Table 2. Total carbon from corncob biochar > biochar jengkok tobacco > biochar husk. Organic carbon from chicken manure > compost. The lowest carbon content is seen in rice husk biochar which has the highest ash content, otherwise the highest carbon content is seen in corncob biochar which has the lowest ash content. This is in line with Enders et al. (2012) that the relatively high ash content produced by biochar carbon fixed is relatively low, caused by high ash content inhibits carbon formation.

Positive responses of biochar applications are not only related to plant nutrients including toxin neutralization (Wardle et al., 1998); Improve soil physical properties (eg increased water holding capacity) (Iswaran et al., 1980) or reduce soil strength (Chan et al., 2007). The capacity to retain water from biochar and organic fertilizer depends on biomass feedstock. Capacity hold water from biochar rice husk > biochar corn cob > chicken manure > biochar jengkok tobacco > compost. Downie et al. (2009) and Sohi et al. (2010) conveying the surface area and porosity of biochar under different pyrolysis temperatures have significant potential for effects on water holding capacity, adsorption capacity (particle ability to stick to the biochar surface) and nutrient retention capability.

Bulk density biochar rice husk, corncob, and tobacco jengkok each 0.65; 0.27; And 0.31 g cm<sup>-3</sup>. According to Brady and Weil (2004), biochar has a much lower bulk density than mineral soils in the tropics (~ 0.3 Mg m<sup>-3</sup> for biochar compared to the weight of soil volume of 1.3 Mg m<sup>-3</sup>) so that biochar applications can reduce bulk Density of soil is generally desirable for plant growth. Several different sizes of biochar pores are higher than the pore size of organic fertilizers (Table 2). Mesh grain size 30 and 18 of the jengkok biochar is greater than the tuna biochar but the size of the jengkok biochar particles is smaller than the tuna biochar on mesh 325 and above 60. The particle size of the biochar is produced from pyrolysis of organic material which depends on the nature of the original material. Keiluweit et al. (2010) reported increased porosity (and then surface area) combined with

total carbon reduction and fly substances. Volatil matter from corncob biochar> biochar jengkok tobacco> biochar rice husk.

### The effects of using biochar and organic fertilizer on organic materials of some soil types

After the addition of biochar and organic fertilizer to the soil, variations in the characteristics of biochar and organic fertilizer can cause various effects on soil organic matter and soil type. The soil organic matter of regosol, litosol, and mediteran after treatment is presented in Table 3 - 4. The treatment significantly affected soil organic matter on the 7th day until the 98th. Soil type has significant effect to soil organic matter. Biochar and organic fertilizer on soil type have a significant effect on soil organic matter. Biochar and organic fertilizer on each soil type significantly influence soil organic matter (significant value  $<\alpha$  (= 0.05).

Table 2. Characteristics of biochar and organic fertilizer

Indicator	Biochar and organic fertilizer				
	Biochar rice husk	Biochar corn cobs	Biochar jengkok tobacco	Chicken manure	Compost
Water Holding Capacity (%)	326,04	249,6	143,7	213,38	111,68
Volatile matter (%)	42	75	66		
Ash (%)	53,4	23,6	32,8		
Bulk Density (g cm <sup>-3</sup> )	0,65	0,27	0,31		
Particle Size (%)					
- Mesh 325 (0,044 mm)	2,7	0,8	0,55	0,15	0,2
- Mesh >60 (0,250 mm)	16,75	14,25	4,9	3,05	7,6
- Mesh Grain Size 30 (0,595 mm)	42,6	54,2	79,9	10,55	22
- Mesh 18 (1,00 mm)	68,15	70,8	94,9	20,95	36,2
Total C (%)	29,8	45,6	40		
Organic C (%)				25,02	15,58

Changes in organic carbon will affect soil fertility. The use of biochar and organic fertilizer increases the soil organic matter from day 7 to day 98 on three soil types. The soil organic matter content varies greatly up and down in every observation day. Soil organic matter from biochar treatment is higher than organic fertilizer. Biochar jengkok tobacco mixed with compost increased the soil organic matter lithosol 7-14 days after incubation but the compost mixed corn biochar increased the organic matter of soil regosol on day 98. Biochar is a charcoal made with the purpose to be applied to the soil. Biochar is often claimed to have several potential benefits, including carbon sequestration (Laird, 2008).

Each soil type shows different levels of soil organic matter although with the same treatment. Soil organic matter litosol is higher than mediteran in all observations although both soils have the same texture (clay). This corresponds to the initial soil organic matter of lithosol (1.36%) greater than the mediterane (0.72%). The highest soil organic matter lithosol from the treatment of biochar jengkok tobacco which is not different with biochar jengkok tobacco mixed with compost and chicken manure. The highest soil organic matter is 3.56 - 3,98% (litosol); 1.3 - 2.1% (mediterranean); And 0.97 - 1.85% (regosol) (Table 3). Use of different types of biochar and organic fertilizer has not shown any significant difference in soil organic matter regosol on the 7th day but not on the 14th day. This indicates that the soil organic matter rises sharply on day 14 (0.94 - 2.5%). However, mediteran soil organic matter from mixed treatment of biochar and organic fertilizers tended to be better than just biochar on day 7 (Table 3).

After 14 days, the highest soil organic matter from biochar treatment is tobacco (regosol), corn cob biochar which is not different from the mixture of tobacco and compost (litosol) jar biochar, and the tobacco juvenile biochar which is not different from corn cob (mediteran) biochar. It has been reported that biochar increases the percentage of organic carbon in various soils but the exact

nature of this component is still not well understood (Zimmerman, 2010). Total carbon from corn and tobacco cobs, respectively 46% and 40% higher than other treatments. High levels of soil organic carbon accumulation due to biochar amendments can increase N efficiency and increase crop productivity (Pan et al., 2009).

The highest soil organic matter from the treatment of tobacco biochar jengkok (regosol and mediteran) and corn cob biochar (litosol) on the 28th day and 56 (Table 4). Possible influence of C/N ratio and pH on decomposition of organic matter. The C/N ratio of both soils is the same (7) whereas the regosol soil pH (5.5) and the mediteranean (5.3) tend to be acidic so that the highest biochar treatment is jengkok to increase the organic matter in both soil types (regosol and mediteran). The clay content of the lithosol soil is lower than the mediterranean. The ability of the soil to hold water lies in the clay content. The water holding capacity of corncob biochar (249.6%) was higher than that of jengkok biochar (143.7%). Increasing the water-holding capacity of biochar can increase the soil's capacity to retain water so that biochar can retain water in the soil lithosol so that its reactivity increases, both microbes to multiply and for various elements and other compounds and soil moisture for decomposition rate.

Table 4 shows the highest soil organic matter on corn and compost biochar mixture (regosol), tobacco juvenile biochar (litosol), and corn cob biochar which is not significantly different from the mediterranean tobacco biochar at the end of observation (day 98). The soil organic matter lithosol from rice husk biochar treatment increased from 2.5% to 2,8 - 2,9% if biochar husk mixed with organic fertilizer (chicken manure and compost manure).

Observation day 98 shows the organic matter of soil regosol which increased 2 - 2,4 times if corn cob biochar mixed with organic fertilizer (compost or chicken manure). In contrast, the organic matter of lithosol and mediterranean soils decreased by 1.3 to 1.5 times if the biochar of cob was mixed with organic fertilizer. Similarly, the soil organic matter of lithosol and the mediterane decreased by 1,1 - 1,4 times if biochar jengkok tobacco was used with organic fertilizer.

Biochar jengkok tobacco applied to regosol showed the highest organic material until day 28 and will increase if mixed with chicken manure manure on the 56th day, then decreased until day 98. Soil organic matter litosol tends to continue to increase sharply until the 28th day of corncob biochar treatment, then further decreased until day 98. Not so if using biochar jengkok tobacco. Soil organic matter litosol does not experience a sharp rise up or down from time to time from biochar treatment of tobacco jengkok. In contrast, if the biochar of jengkok tobacco is mixed with compost, the soil organic matter of lithosol increases and decreases on the 14th day until the 28th day, then relatively the same until day 98. Biochar can alter the physical properties of soils such as structure, pore size and density distribution, with implications for soil aeration, water holding capacity, plant growth, and soil treatment (Downie et al., 2009). Evidence suggests that biochar application into the soil may increase overall soil surface area (Chan et al., 2007) and consequently can increase ground water and nutrient retention (Downie et al., 2009) and aeration of soil especially in fine textured soils (Kolb , 2007).

The mediteran soil organic matter was higher in the biochar treatment of the tobacco jengkok compared to other treatments until day 98. Soil organic matter litosol increased until day 14, then decreased steadily until day 98.

### **Conclusion**

- The highest increase in soil organic matter for clay textured soil is gained after the application of biochar jengkok or corn cob biochar while biochar jengkok or corn cob biochar mixture and compost are best applied for the sandy soil.
- The highest regosol soil organic material from the tobacco jengkok biochar on the 14th to the 56th day, then from the corn cob mixed biochar mixture and the compost on day 98.
- The highest lithosolic soil organic matter from the biochar application of tobacco tobacco, corncob biochar, and biochar mixture of jengkok and compost at certain times.
- The highest mediteran soil organic matter is resulted by the application of biochar to tobacco and corncob biochar over a period of time.

## ACKNOWLEDGMENT

Thanks to The Ministry of Higher Education, Technology and Research which has funded the Superior Research of Higher Education in 2017.

## REFERENCES

- Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Inoue Y, Shiraiwa T, and Horie T (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*. 111, pp. 81–84.
- Biederman, LA and Harpole S (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *Journal of Global Change Biology*. 5. pp. 202–214.
- Brady NC and Weill RR (2004). *Elements of the Nature and Properties of Soils* 2nd Ed. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River NJ. pp. 111–112.
- Chan KY, Van Zeeuwen L, Meszaros I, Downie A and Joseph S (2007). Assessing the agronomic values of contrasting char materials on Australian hardsetting soil. *Proceedings of the Conference of the International Agrichar Initiative*. Australia, Terrigal NSW.
- Downie A, Crosky A and Munroe P (2009). Physical properties of biochar. In *Biochar for environmental management science and technology* Eds. J Lehmann and S Joseph. Earthscan, London. Sterling VA, pp. 13–32.
- Enders A, Hanley K, Whitman T, Joseph S and Lehmann J (2012). Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Journal of Bioresource Technology*. 114, pp. 644–53.
- FCO [Fertilizer Control Order] (1985). Fertilizer Association of India. New Delhi. p. 202.
- Iswaran V, Jauhri KS and Sen A (1980). Effect of charcoal, coal and peat on the yield of moong, soybean and pea. *Journal of Soil Biol Biochemistry*. 12, pp. 191–192.
- Keiluweit M, Nico PS, Johnson MG and Kleber M (2010). Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (Biochar). *Journal of Environmental Science and Technology*. 44, pp. 1247–1253.
- Kolb TE, Agee JK, Fule PZ, McDowell NG, Pearson K, Sala A and Waring RH (2007). Perpetuating old ponderosa pine. *Journal of Forest Ecology and Management*. 249, pp. 141–157.
- Laird, DA (2008). The Charcoal Vision: A Win Win Win Scenario for Simultaneously Producing Bioenergy, Permanently Sequestering Carbon, while Improving Soil and Water Quality. *Journal of Agronomy*. 100, pp. 178–181.
- Lehmann J, Matthias C, Rillig, Janice T, Caroline A, Masiello, William CH and Crowley D (2011). Biochar effects on soil biota a review. *Journal of Soil Biology & Biochemistry*. 43, pp. 1812–1836.
- Manya JJ (2012). Pyrolysis for biochar purposes: a review to establish current knowledge gaps and research needs. *Journal of Environ Sciences Technology*. 46, pp. 7939 – 7954.
- Oguntunde PG, Abiodun BJ, Ajayi AE and Van de Giesen N (2008). Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana. *Journal of Plant Nutrient and Soil Science*. 171, pp. 591–596.
- Pan GX, Zhou P, Li ZP, Smith P, Li LQ, Qiu DS, Zhang XH, Xu XB, Shen SY and Chen XM (2009). Combined inorganic or organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Journal of Agriculture Ecosystem Environmental*. 131, pp. 274–280.
- Sohi SP, Krull E, Lopez CE and Bol R (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Journal of Advances in Agronomy*. 105, pp. 47–82.
- Soil Survey laboratory Methods Manual (2014). United States Department of Agriculture.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, De Mace^ do JLV, Blum WEH and Zech W (2007). Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Journal of Plant and Soil*. 291, pp. 275–290.
- Wardle DA, Zackrisson O and Nilsson MC (1998). The charcoal effect in boreal forests: Mechanisms and ecological consequences. *Oecologia*. 115, pp. 419–426.
- Zimmerman AR (2010). Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). *Journal of Environmental Science and Technology*. 44, pp. 1295–1301.

Table 3. Soil organic matter on each soil type after incubation day 7 and 14

Type of biochar and organic fertilizer	day 7			day 14		
	Regosol	Litosol	Mediterranean	Regosol	Litosol	Mediterranean
Control	0.758 ±0.067 a	1.590 ±0.018 a	1.127 ±0.000 a	0.724 ±0.068 a	1.598 ±0.011 a	1.057 ±0.069 a
S	1.119 ±0.001 ab	1.891 ±0.065 ab	1.334 ±0.307 ab	1.303 ±0.087 e	2.348 ±0.209 b	1.879 ±0.055 c
T	1.415 ±0.282 ab	3.169 ±0.470 ef	1.631 ±0.148 abc	1.505 ±0.138 f	4.467 ±0.150 e	3.433 ±0.037 g
J	1.849 ±0.269 b	3.981 ±0.494 g	1.581 ±0.161 abc	2.486 ±0.173 i	3.988 ±0.031 d	3.404 ±0.078 g
SA	1.476 ±0.005 ab	2.596 ±0.139 cd	1.945 ±0.144 c	1.032 ±0.022 bc	2.245 ±0.136 b	1.685 ±0.024 b
SK	0.974 ±0.141 ab	2.245 ±0.276 bcd	1.673 ±0.278 abc	1.085 ±0.037 cd	2.775 ±0.158 c	1.656 ±0.060 b
TA	1.469 ±0.133 ab	2.654 ±0.141 d	1.723 ±0.492 bc	1.201 ±0.042 de	2.728 ±0.025 c	2.588 ±0.345 f
TK	1.800 ±0.000 b	2.099 ±0.419 bc	1.938 ±0.141 c	1.823 ±0.040 g	3.010 ±0.090 d	1.926 ±0.010 cd
JA	1.690 ±0.281 b	3.780 ±0.370 g	2.099 ±0.556 c	1.638 ±0.075 f	2.889 ±0.032 c	2.236 ±0.051 e
JK	1.693 ±0.154 b	3.559 ±0.639 fg	2.109 ±0.365 c	1.906 ±0.140 h	4.647 ±0.061 e	2.583 ±0.010 f
A	1.414 ±0.281 ab	2.684 ±0.162 de	2.021 ±0.162 c	1.299 ±0.051 e	2.267 ±0.036 b	2.099 ±0.026 d
K	1.400 ±0.311 ab	2.436 ±0.570 cd	1.612 ±0.321 abc	0.940 ±0.044 b	3.130 ±0.157 c	1.793 ±0.025 bc

\* Different notations show differences between biochar types and organic fertilizers in each soil type.

\*\* DMRT test with = 5%

Table 4. Soil organic matter on each soil type after incubation day 28, 56, and 98

Type of biochar and organic fertilizer	day 28			day 56			day 98		
	Regosol	Litosol	Mediterranean	Regosol	Litosol	Mediterranean	Regosol	Litosol	Mediterranean
Control	0.859 ±0.026 a	1.598 ±0.011 a	1.202 ±0.075 a	0.871 ±0.024 a	1.598 ±0.011 a	1.057 ±0.069 a	0.865 ±0.062 a	1.655 ±0.203 a	1.094 ±0.148 a
S	1.267 ±0.199 bc	2.624 ±0.030 d	1.990 ±0.031 c	1.052 ±0.030 bc	2.366 ±0.036 c	1.782 ±0.017 d	1.260 ±0.087 cd	2.491 ±0.035 b	1.754 ±0.039 bc
T	1.966 ±0.020 e	5.004 ±0.088 i	2.870 ±0.062 f	1.580 ±0.020 e	4.523 ±0.340 g	2.240 ±0.026 e	1.426 ±0.105 de	3.270 ±0.017 d	2.553 ±0.053 g
J	3.042 ±0.040 f	4.143 ±0.029 h	3.368 ±0.021 g	2.792 ±0.043 g	3.807 ±0.017 f	3.083 ±0.057 g	1.405 ±0.027 de	4.037 ±0.608 e	2.641 ±0.082 g
SA	1.187 ±0.052 bc	2.724 ±0.045 de	1.539 ±0.035 b	0.937 ±0.014 ab	1.794 ±0.036 b	1.593 ±0.065 d	0.983 ±0.050 ab	2.752 ±0.018 c	2.189 ±0.039 e
SK	1.142 ±0.087 b	2.913 ±0.009 f	1.380 ±0.222 b	1.266 ±0.013 cd	1.870 ±0.018 b	1.298 ±0.085 b	2.024 ±0.063 f	2.874 ±0.047 c	1.847 ±0.049 cd
TA	1.509 ±0.068 d	3.247 ±0.066 b	1.528 ±0.020 b	1.097 ±0.026 bc	1.990 ±0.045 b	1.121 ±0.041 a	2.890 ±0.090 g	2.625 ±0.027 b	1.689 ±0.043 bc
TK	1.650 ±0.513 d	2.854 ±0.045 ef	1.995 ±0.038 c	1.247 ±0.016 d	2.520 ±0.098 c	1.674 ±0.087 d	3.424 ±0.037 h	2.330 ±0.044 b	2.001 ±0.044 e
JA	1.906 ±0.027 e	2.448 ±0.037 c	2.232 ±0.017 d	3.252 ±0.052 h	3.252 ±0.052 e	2.647 ±0.096 e	1.647 ±0.108 e	3.437 ±0.027 d	2.482 ±0.054 f
JK	1.888 ±0.010 e	3.532 ±0.027 g	2.453 ±0.023 e	2.044 ±0.014 f	3.291 ±0.101 e	2.476 ±0.014 f	1.414 ±0.025 d	3.448 ±0.020 d	1.920 ±0.200 d
A	1.332 ±0.034 c	2.241 ±0.023 b	1.949 ±0.026 c	1.110 ±0.013 cd	3.021 ±0.112 d	1.634 ±0.030 d	1.105 ±0.018 b	2.594 ±0.017 b	1.509 ±0.035 b
K	1.228 ±0.050 bc	2.654 ±0.240 d	1.960 ±0.020 c	1.100 ±0.021 cd	2.922 ±0.060 d	1.410 ±0.026 c	1.217 ±0.036 c	2.933 ±0.033 c	1.870 ±0.203 c

\* Different notations show differences between biochar types and organic fertilizers in each soil type.

\*\* DMRT test with = 5

## **Dinamika Nitrogen Selama Inkubasi Biochar dan Pupuk Organik Pada Berbagai Jenis Tanah**

Widowati, Sutoyo, Hidayati Karamina  
Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang  
Email: widwidowati@gmail.com

### **Abstrak**

Salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan N dalam tanah adalah bahan organik. Bahan organik merupakan bagian dari tanah yang dinamis. Pemberian bahan organik sangat penting untuk meningkatkan ketersediaan hara. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap dinamika kadar N total pada jenis tanah yang tidak subur dan produktivitasnya rendah. Penelitian inkubasi dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan rancangan tersarang. Faktor 1 (Nest) adalah jenis tanah yang diambil dari agroekosistem lahan kering, yaitu tanah Regosol, Litosol dan Mediteran. Faktor 2 (yang tersarang) adalah biochar dan pupuk organik dalam 12 perlakuan, yaitu: kontrol (tanpa biochar maupun pupuk organik), S (biochar sekam padi), T (biochar tongkol jagung), J (biochar jengkok tembakau), SA (biochar sekam padi-kandang kotoran ayam), SK (biochar sekam padi-kompos), TA (biochar tongkol-kandang kotoran ayam), TK (biochar tongkol-kompos), JA (biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam), JK (biochar jengkok tembakau-kompos), A (pupuk kandang kotoran ayam), K (kompos). Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis tanah maupun biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah berpengaruh signifikan terhadap kadar N total pada berbagai umur pengamatan. Inkubasi kombinasi biochar jengkok dan kompos pada Litosol meningkatkan kadar N total hingga 14 hari dibanding perlakuan lainnya. Inkubasi biochar jengkok pada Regosol meningkatkan kadar N hingga 42 hari dibanding pupuk kandang ayam (7 hari), tetapi kompos pada Mediteran meningkatkan kadar N sampai 42 hari dibanding perlakuan lainnya.

Kata kunci: kompos, pupuk kandang, Mediteran, Litosol, Regosol.

### **PENGANTAR**

Pada umumnya tanaman membutuhkan N dalam jumlah banyak dan seringkali menjadi faktor pembatas bagi tanah yang tidak subur. Oleh karenanya pemberian pupuk N menjadi salah satu keutamaan bagi tanaman karena Nitrogen merupakan bagian penting untuk khlorofil dan bahan dasar protein. Nitrogen dapat berasal dari perombakan bahan organik dan banyaknya N di dalam tanah tergantung dari kondisi tanah. Di dalam tanah bahan organik dapat mengalami dekomposisi dan mineralisasi N organik menjadi N yang tersedia bagi tanaman.

Bahan organik sangat bervariasi, termasuk biochar dan pupuk organik. Biochar adalah berpori karbon padat yang dihasilkan oleh konversi termokimia (pirolisis) dari biomassa dalam suasana oksigen rendah. Komposisi nutrisi biochar tergantung pada bahan baku yang

digunakan dan kondisi pirolisis. Jenis bahan baku yang digunakan selama pirolisis memiliki pengaruh pada karakteristik biochar (Gaskin *et al.*, 2008; Cantrell *et al.*, 2012; Spokas *et al.*, 2012a). Gaskin *et al.* (2008) menunjukkan bahwa jumlah N total dari bahan baku ke biochar berkisar antara 27,4-89,6% pada masing-masing biochar kotoran unggas dan kayu pinus. Biochar berbasis tanaman sering memiliki kandungan unsur hara yang relatif rendah (Cantrell *et al.*, 2012) dibandingkan dengan biochar berbasis kotoran hewan. Konsentrasi N di biochar yang banyak seperti dalam pupuk disebabkan kandungan protein yang tinggi dalam bahan baku (Tsai *et al.*, 2012). Bersamaan dengan hal itu, biochar nabati cenderung bertindak sebagai sumber langsung dari unsur hara (Cantrell *et al.*, 2012). Di sisi lain, biochar pupuk kandang lebih cocok untuk memasok unsur hara setelah aplikasi ke dalam tanah. Lang *et al.* (2005) memantau perubahan kandungan C, H, O, S dan N dari berbagai bahan organik, yaitu empat biomassa kayu, empat biomassa herba dan dua batubara di bawah pirolisis pada 275-1100°C. Semua jenis biomassa kehilangan setidaknya setengah dari N sebagai volatil dengan 400°C. Selama pirolisis limbah lumpur, kandungan N total menurun dari 3,8% pada 400°C menjadi 0,94% pada 950°C karena kehilangan bahan organik yang mudah menguap (Bagreev *et al.*, 2001). Demikian pula, Shinogi (2004) melaporkan reduksi N total di biochar dari lumpur limbah dari 5,0% pada 400°C menjadi 2,3% pada 800°C. Namun DeLuca *et al.* (2009) menjelaskan secara umum biochar lebih penting untuk perbaikan tanah dan transformasi hara, serta kurang berarti sebagai sumber utama nutrisi.

Kunci kesuburan tanah terletak pada kadar bahan organik tanah. Kadar bahan organik tanah yang rendah menyebabkan penyediaan hara rendah dan mengakibatkan rendahnya serapan hara oleh tanaman. Bahan organik yang ditambahkan ke tanah dapat meningkatkan penyediaan hara bagi tanaman dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Nitrogen sebagai unsur hara esensial dari sebagian besar tanaman, yang salah satu sumbernya dari bahan organik. Perubahan N pada setiap jenis tanah dari pemberian jenis biochar dan pupuk organik menjadi fenomena yang menarik untuk dipelajari sehingga perlu dilakukan penelitian tentang bagaimana dinamika kadar N total dari berbagai jenis tanah setelah diberi biochar dan pupuk organik selama waktu tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh jenis biochar dan pupuk organik terhadap dinamika kadar N total pada jenis tanah yang tidak subur dan produktivitasnya rendah.



## 2. METODE PENELITIAN

Percobaan inkubasi dilakukan di rumah kaca Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang. Perlakuan terdiri atas 2 faktor, faktor pertama adalah jenis tanah (Regosol, Litosol dan Mediteran). Faktor kedua adalah jenis biochar dan pupuk organik, terdiri atas 12 perlakuan, yaitu: Kontrol (tanpa biochar maupun pupuk organik), S (biochar sekam padi), T (biochar tongkol jagung), J (biochar jengkok tembakau), SA (biochar sekam padi-kandang kotoran ayam), SK (biochar sekam padi-kompos), TA (biochar tongkol-kandang kotoran ayam), TK (biochar tongkol-kompos), JA (biochar jengkok-pupuk kandang kotoran ayam), JK (biochar jengkok tembakau-kompos), A (pupuk kandang kotoran ayam), K (kompos). Perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 108 pot.

Sampel tanah komposit 0-30 cm diambil dari lahan kering di Kabupaten Malang bagian Selatan, tepatnya di Desa Purwodadi Kecamatan Donomulyo (tipe Litosol Ordo Entisol), Desa Sukowilangun Kecamatan Kalipare (tanah Mediteran Merah Kuning Ordo Afisol), dan Desa Sumberrejo Kecamatan Poncokusumo (tanah Regosol Ordo Entisol). Sampel tanah kering udara pada suhu kamar dengan kadar air  $0,34 \text{ g g}^{-1}$  (Regosol);  $0,5 \text{ g g}^{-1}$  (Litosol); dan  $0,61 \text{ g g}^{-1}$  (Mediteran). Setiap sampel tanah ditempatkan ke dalam pot plastik (diameter 18 cm dan tinggi 25 cm). Tanah sebanyak 3,85 kg dicampur dengan 150 g biochar atau pupuk organik sesuai perlakuan tetapi campuran biochar (75 g) dan pupuk organik (75 g) dengan perbandingan (1:1) pada tingkat 4% berat kering dan *bulk density*  $1,2 \text{ Mg m}^3$  (mirip dengan kondisi lapangan). Bobot tanah dan biochar dan atau pupuk organik setiap pot menjadi 4 kg. Ini setara dengan amandemen biochar dan atau pupuk organik  $9,6 \text{ ton ha}^{-1}$  dalam lapisan olah 20 cm. Selama inkubasi, kadar air tanah dipertahankan pada  $0,11 - 0,18 \text{ g g}^{-1}$  (ekivalen dengan 70 - 80% dari kapasitas lapangan) dengan penambahan air 1 liter setiap 21 hari. Penggunaan 70 - 80% dari kapasitas lapangan untuk mendapatkan kondisi kering.

Bahan baku biochar dihasilkan dari sekam padi, tongkol jagung, dan limbah industri tembakau (jengkok). Biochar sekam padi dan tongkol jagung diproduksi pada suhu  $350 - 500^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam di Laboratorium Bioenergi Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang, Biochar tersebut diproduksi dengan alat pirolisis *fixed bed* yang dilengkapi dengan sistem separator yang tersambung dengan kondensor. Biochar jengkok tembakau diproduksi pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit di PT. Gudang Garam, Tbk dengan alat pirolisis extrusion Etia. Bahan baku sekam padi kering dari penggilingan padi komersial yang memproses beras dan tongkol jagung kering dari PT. Bisi Internasional Kediri. Biochar tongkol jagung digiling untuk  $< 2 \text{ mm}$ , biochar jengkok tembakau dan biochar sekam padi langsung diaplikasi.

Untuk menilai efek dari perubahan biochar dan atau pupuk organik pada dinamika kadar N total tanah diukur pada 7, 14, 28, 56, dan 98 hari inkubasi.

Penelitian ini menggunakan nested design. Faktor 1 (Nest) adalah jenis tanah, yaitu tanah Regosol, Litosol dan Mediteran. Faktor 2 (yang tersarang) adalah biochar dan pupuk organik dari 12 perlakuan. Setelah dianalisis dengan Two Way ANOVA, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan  $\alpha=5\%$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar nitrogen di dalam tanah bervariasi dengan perlakuan. Hasil analisis dengan nested design disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan nilai signifikan pada faktor pertama (jenis tanah), faktor kedua (biochar dan pupuk organik pada jenis tanah) serta biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah. Nilai signifikan ( $<0.001$ )  $< \alpha(=0.05)$  maka jenis tanah maupun biochar-pupuk organik pada masing-masing jenis tanah (Regosol, Mediteran, Litosol) berpengaruh signifikan terhadap kadar N tanah pada berbagai umur pengamatan. Hasil uji DMRT kadar N tanah pada masing-masing tanah disajikan pada Tabel 2-6. Variasi dalam sifat fisiko-kimia biochar menyebabkan variabilitas dalam ketersediaan nutrisi dalam biochar. Kondisi pirolisis juga mempengaruhi kandungan hara dan ketersediaan. Pirolisis suhu tinggi dapat menurunkan kandungan dan ketersediaan nitrogen. Jumlah kandungan nitrogen ditemukan menurun 3,8-1,6% ketika suhu pirolisis meningkat, masing-masing dari 400 sampai 800°C (Bagreev *et al.*, 2001).

Tabel 1. Hasil analisis nested design kadar N tanah pada inkubasi 7 – 98 hari

Sumber Keragaman	Hari 7	Hari 14	Hari 28	Hari 56	Hari 98
Jenis tanah	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Biochar dan pupuk organik pada tanah	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Biochar dan pupuk organik pada tanah Regosol	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Biochar dan pupuk organik pada tanah Litosol	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Biochar dan pupuk organik pada tanah Mediteran	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

#### Inkubasi Hari 7

Pada inkubasi 7 hari, perlakuan pupuk kandang ayam telah meningkatkan kadar N tanah Regosol sebanyak 2 kali lebih tinggi dari 0,08% menjadi 0,19% sedangkan pada Litosol hampir 4 kali lebih tinggi dari 0,14% menjadi 0,51%. Kadar N dari perlakuan biochar jengkok tunggal maupun yang dicampur dengan pupuk organik (kompos maupun pupuk kandang) meningkat hampir 2 kali lebih tinggi. Kandungan N dari pupuk kandang (4,05%)

tertinggi selanjutnya diikuti kompos (2,6%) dan biochar jengkok (1,83%). Kenaikan kadar N tanah Regosol dan Litosol berlangsung pada 7 hari, sementara itu belum terjadi pada tanah Mediteran. Kenaikan kadar N tanah Mediteran terjadi pada 14 hari inkubasi dengan perlakuan kompos. Tektur tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat N mineralisasi dari dekomposisi bahan organik. Regosol dan Litosol dari Ordo Entisol yang memiliki aerasi tanah (kadar oksigen) yang lebih baik sehingga pelepasan N juga lebih cepat.

#### **Hari 14**

Hasil penelitian tentang dampak menambahkan biochar pada N mineralisasi dinamika dua pupuk organik dengan menginkubasi tanah lempung berpasir selama 133 hari dalam kondisi yang terkendali menunjukkan bahwa setelah hari ke-14, N mineral tanah didominasi oleh nitrat dalam semua perlakuan (Tammeorg *et al.*, 2012). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa inkubasi 14-28 hari, kadar N total meningkat 2 kali lebih tinggi dari perlakuan biochar jengkok pada Regosol. Pada inkubasi 14 hari, kadar N hampir 2 kali lebih tinggi pada perlakuan biochar jengkok tunggal maupun yang dicampur kompos pada Litosol dibanding kontrol. Banyaknya N yang dikandung dalam biochar menentukan kemampuan tanah meningkatkan kadar N dalam tanah. Kandungan N dari biochar jengkok (1,83%) lebih tinggi dari biochar sekam dan biochar tongkol, masing-masing 0,57% dan 0,51%. Sementara itu kadar N total dari Regosol, Litosol, dan Mediteran masing-masing 0,07%; 0,17%; dan 0,10%.

Hal yang sama terjadi pada perlakuan biochar tongkol jagung pada Litosol dan Mediteran. Khususnya Mediteran, kadar N tertinggi dari pemberian kompos pada inkubasi 14 hari (Tabel 3). Hal ini menunjukkan kemampuan biochar melepas N lebih lambat dibanding pupuk organik dan jenis tanah mempengaruhi kecepatan pelepasan N dari bahan organik.

#### **Hari 28**

Hingga 28 hari inkubasi, kadar N tanah Litosol tertinggi pada biochar jengkok yang dicampur kompos selanjutnya diikuti dengan yang dicampur pupuk kandang maupun biochar tongkol. Kadar N tanah Mediteran tertinggi pada perlakuan pupuk kandang yang dicampur biochar sekam maupun biochar jengkok. Hasil yang sama juga pada pemberian kompos (Tabel 4). Perlakuan campuran biochar jengkok dan kompos menunjukkan peningkatan kadar N tanah Litosol yang lebih lama (14 hari) dibanding perlakuan lainnya.

### **Hari 56**

Pemberian biochar jengkok secara tunggal maupun yang dicampur dengan pupuk organik menunjukkan kadar N tanah Regosol tertinggi. Kemampuan biochar jengkok lebih lama dalam meningkatkan kadar N tanah Regosol, sejak inkubasi hari ke-14 hingga hari ke-56. Tidak demikian dengan peningkatan kadar N tanah Regosol dengan pupuk kandang ayam yang hanya terjadi pada inkubasi 7 hari. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar N tanah Regosol lebih bertahan lama dengan biochar jengkok (42 hari) dibanding pupuk kandang ayam (7 hari). Namun kadar N tanah Litosol tertinggi pada pemberian pupuk kandang, selanjutnya diikuti oleh biochar jengkok maupun kompos. Kadar N tanah Mediteran tertinggi dari perlakuan kompos yang diikuti oleh perlakuan biochar jengkok tunggal maupun yang dicampur pupuk kandang (Tabel 5). Peningkatan kadar N tanah Mediteran lebih bertahan lama dengan kompos (42 hari) dibanding perlakuan lainnya.

### **Hari 98**

Secara umum dari awal hingga akhir pengamatan, dinamika kadar N dalam tanah ditunjukkan pada Gambar 1,2,3. Perubahan kadar N cenderung meningkat, menurun, ataupun tidak berubah sangat berkaitan dengan proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Proses laju dekomposisi dipengaruhi oleh faktor bahan organik dan tanah. Setiap jenis tanah menunjukkan tren peningkatan dan penurunan yang berbeda sesuai dengan perlakuan. Kadar N cenderung tetap kecuali pada perlakuan pupuk kandang yang melonjak turun pada 14 hari (Litosol). Penurunan kadar N dari pupuk kandang ayam mulai menurun setelah 14 hari inkubasi, mungkin karena biomassa mikroba. Sebagai aturan umum, imobilisasi N setelah pemberian biochar adalah fenomena sementara, sebagai bagian dari C tersedia untuk asimilasi mikroba digunakan setelah beberapa bulan meninggalkan biochar yang sangat resisten untuk interaksi mikroba jangka panjang (Novak *et al.*, 2010; Nelson *et al.*, 2011). Aplikasi biochar ke tanah dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah dengan menyediakan air, nutrisi dan habitat bagi mikroorganisme (Warnock *et al.*, 2007) dan merangsang dekomposisi bahan organik tanah asli (Wardle *et al.*, 2008). Selain itu, degradasi biochar menyediakan sumber C sebagian labil untuk mikroba (Cheng *et al.*, 2008).

Kadar N meningkat pada 14 hari dan cenderung tetap sampai 98 hari (Mediteran). Kadar N cenderung tetap sampai 56 hari dan pada 98 hari menunjukkan tidak berubah ataupun meningkat kecuali pupuk kandang yang melonjak turun dan biochar jengkok yang melonjak naik pada 14 hari (Regosol). Pada akhir inkubasi (Tabel 6), kadar N tanah tertinggi pada biochar tongkol dicampur pupuk kandang (Regosol). Biochar jengkok dicampur pupuk kandang tertinggi pada Litosol dan Mediteran. Menurut Tammeorg *et al.* (2012), ketika

biochar diterapkan bersama-sama dengan pupuk organik, efek biochar ditambahkan ke tanah pada dinamika N mineralisasi sangat tergantung pada rasio C: N pupuk.

#### **4. KESIMPULAN**

Inkubasi kombinasi biochar jengkok dan kompos pada Litosol meningkatkan kadar N total hingga 14 hari dibanding perlakuan lainnya. Inkubasi biochar jengkok pada Regosol meningkatkan kadar N hingga 42 hari dibanding pupuk kandang ayam (7 hari), tetapi kompos pada Mediteran meningkatkan kadar N sampai 42 hari dibanding perlakuan lainnya.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kemenristek-Dikti yang telah menyediakan dana Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi, PT Gudang Garam, Tbk yang telah menyediakan biochar jengkok tembakau, dan PT Bisi Internasional Kediri yang telah menyediakan tongkol jagung.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bagreev, A, Bandosz, TJ & Locke, DC., 2001. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer, *Carbon* 39: 1971–1979.
- Cantrell, K. B., Hunt, P. G., Uchimiya, M., Novak, J. M. and Ro, K. S., 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar, *Bioresource Technology*, vol 107, pp 419–428.
- Cheng, C., Lehmann, J., Thies, J. E. & Burton, S. D., 2008. Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. *Journal of Geophysical Research*. 113.
- DeLuca, T.H., Derek, M., MacKenzie, J. And Gundale, M.J., 2009. Biochar effect on soil nutrient transformation. *Earthscan Publisher*. pp 251-270.
- Gaskin, J.W., Steiner, C, Harris, K, Das KC, Bibens, B., 2008. Effect of low temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Transactions of the Asabe*. 51, pp 2061–2069.
- Lang, T, Jensen, AD & Jensen, PA., 2005. Retention of organic elements during solid fuel pyrolysis with emphasis on the peculiar behavior of nitrogen, *Energy and Fuels* 19: 1631–1643.
- Novak J. M., Busscher, W. J., Watts, D. W., Laird, D.A., Ahmedna, M.A., Niandou, M. A. S. 2010. Short-term CO<sub>2</sub> mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandudult. *Geoderma* 154: 281-288.
- Nelson, N. O., Agudelo, S. C., Yuan, W. and Gan, J., 2011. Nitrogen and Phosphorus Availability in Biochar-Amended Soils. *Soil Science* 176: 218-226.
- Tammeorg, P., Tero, B., Asko, S., Juha H., 2012. Nitrogen mineralization dynamics of meat bone meal and cattle manure as affected by the application of softwood chips biochar in soil. *Maataloustieteen Päivät*. [www.smts.fi](http://www.smts.fi)
- Shinogi, Y., 2004. Nutrient leaching from carbon products of sludge, ASAE/CSAE Annual International Meeting, Paper number 044063, Ottawa, Ontario, Canada.
- Spokas, K. A., Cantrell, K. B., Novak, J. M., Archer, D. W., Ippolito, J. A., Collins, H. P., Boateng, A. A., Lima, I. M., Lamb, M. C., McAloon, A. J., Lentz, R. D. and Nichols,

- K. A., 2012a. Biochar: A synthesis of its agronomic impact beyond carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality*, vol 41, pp 973–989.
- Wardle, D.A., Nilsson, M.C., Zackrisson, O., 2008. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. *Science* 320, 629.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W., Rillig, M. C., 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil – concepts and mechanisms. *Plant and Soil* 300: 9-20.
- W.T. Tsai, S.C. Liu, H.R. Chen, Y.M. Chang, Y.L. Tsai, 2012. Textural and chemical properties of swine-manure-derived biochar pertinent to its potential use as soil amendment, *Chemosphere* 89: 198–203.

Tabel 2. Kadar N masing-masing jenis tanah pada inkubasi 7 hari dan 14 hari

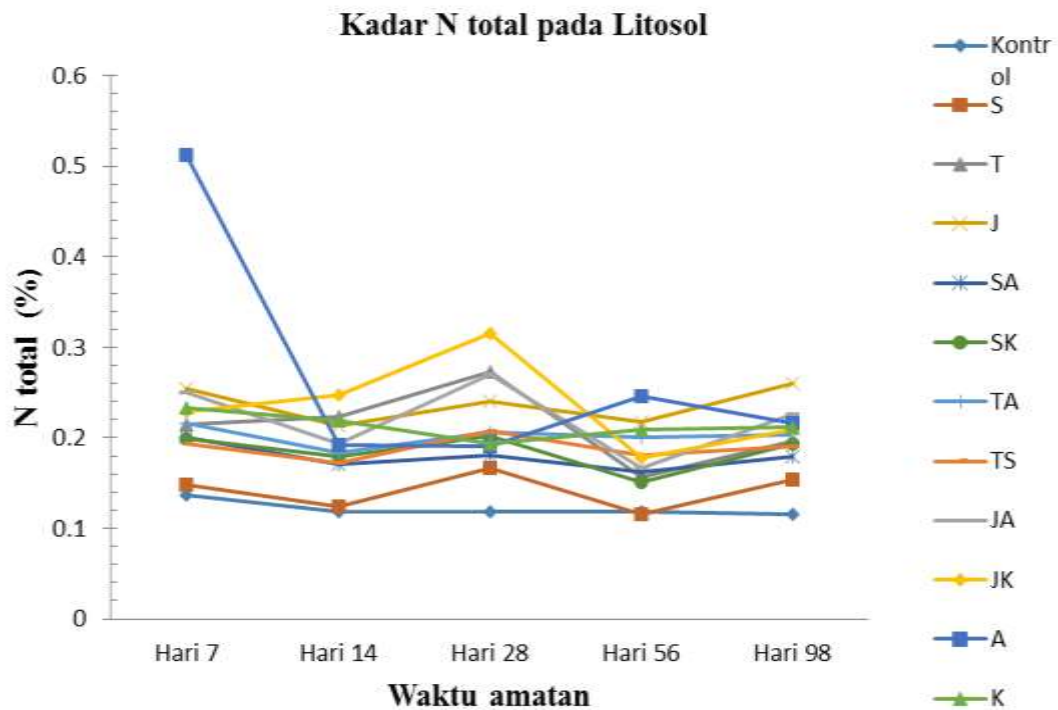
Perlakuan	inkubasi 7 hari									inkubasi 14 hari								
	Regosol			Litosol			Mediteran			Regosol			Litosol			Mediteran		
	Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev	
Kontrol	0.079	0.002	a	0.136	0.012	a	0.103	0.006	a	0.073	0.000	a	0.118	0.007	a	0.093	0.000	a
S	0.094	0.006	ab	0.148	0.010	a	0.101	0.002	a	0.117	0.021	b	0.124	0.006	a	0.135	0.000	b
T	0.109	0.005	ab	0.215	0.014	ab	0.127	0.012	a	0.115	0.013	b	0.224	0.013	d	0.206	0.003	d
J	0.113	0.011	ab	0.254	0.018	b	0.124	0.003	a	0.159	0.030	c	0.234	0.000	d	0.194	0.016	d
SA	0.123	0.005	ab	0.200	0.011	ab	0.132	0.008	a	0.121	0.018	b	0.170	0.011	b	0.126	0.004	b
SK	0.102	0.002	ab	0.199	0.004	ab	0.129	0.010	a	0.092	0.008	ab	0.180	0.004	b	0.113	0.007	ab
TA	0.122	0.014	ab	0.217	0.008	ab	0.114	0.027	a	0.095	0.012	ab	0.184	0.012	b	0.162	0.023	c
TS	0.105	0.010	ab	0.194	0.014	ab	0.132	0.002	a	0.107	0.009	ab	0.173	0.010	b	0.115	0.004	ab
JA	0.124	0.006	ab	0.251	0.016	b	0.118	0.011	a	0.112	0.007	b	0.194	0.024	bc	0.123	0.006	b
JK	0.129	0.003	ab	0.229	0.022	b	0.130	0.020	a	0.126	0.022	b	0.248	0.047	d	0.117	0.005	ab
A	0.185	0.011	b	0.513	0.298	c	0.136	0.026	a	0.126	0.021	b	0.193	0.010	bc	0.217	0.005	de
K	0.124	0.008	ab	0.233	0.011	b	0.144	0.034	a	0.101	0.026	ab	0.219	0.004	cd	0.245	0.029	e

\*Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis pupuk pada masing-masing tanah

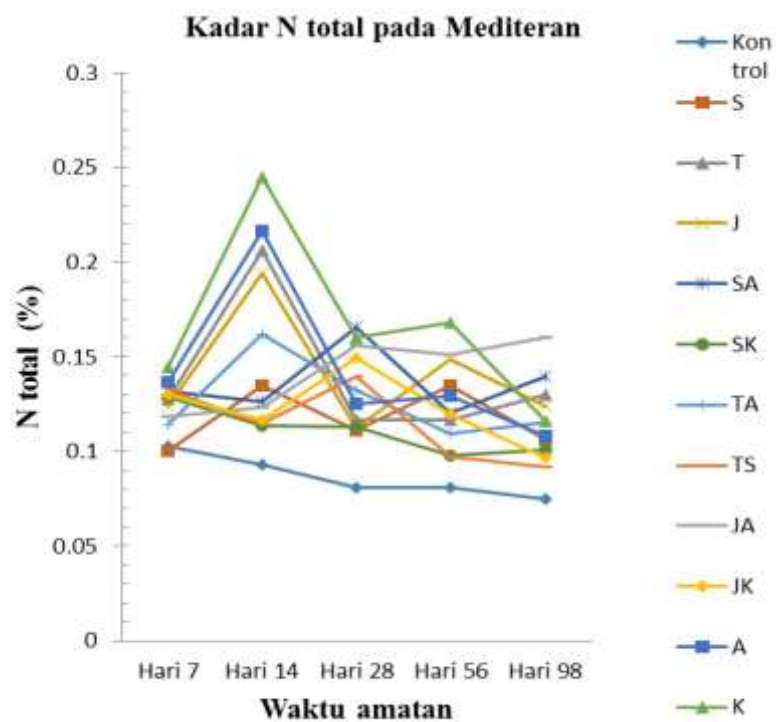
Tabel 3. Kadar N masing-masing jenis tanah pada inkubasi 28 hari, 56 hari, dan 98 hari

Perlakuan	inkubasi hari 28									inkubasi hari 56									inkubasi hari 98								
	Regosol			Litosol			Mediteran			Regosol			Litosol			Mediteran			Regosol			Litosol			Mediteran		
	Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev		Rata-rata	St dev	
Kontrol	0.069	0.014	a	0.118	0.006	a	0.081	0.011	a	0.069	0.014	a	0.118	0.006	a	0.081	0.011	a	0.069	0.014	a	0.115	0.005	a	0.075	0.018	a
S	0.081	0.007	a	0.167	0.010	b	0.111	0.007	b	0.085	0.005	b	0.116	0.005	a	0.135	0.005	cd	0.098	0.007	b	0.154	0.005	b	0.106	0.015	bc
T	0.125	0.023	de	0.274	0.035	e	0.116	0.006	bc	0.095	0.005	b	0.157	0.006	b	0.116	0.006	b	0.097	0.006	b	0.196	0.005	cd	0.130	0.010	e
J	0.140	0.005	e	0.241	0.006	d	0.112	0.000	b	0.128	0.007	c	0.218	0.017	d	0.149	0.010	de	0.099	0.002	b	0.260	0.010	g	0.124	0.005	de
SA	0.090	0.015	b	0.181	0.006	b	0.165	0.017	e	0.092	0.007	b	0.162	0.007	bc	0.120	0.010	bc	0.096	0.005	b	0.179	0.009	c	0.140	0.010	e
SK	0.107	0.010	b	0.202	0.007	c	0.113	0.006	b	0.092	0.008	b	0.151	0.010	b	0.098	0.007	a	0.130	0.010	c	0.194	0.007	cd	0.101	0.010	bc
TA	0.111	0.000	cd	0.207	0.004	c	0.132	0.007	cd	0.096	0.005	b	0.200	0.010	d	0.110	0.009	a	0.150	0.010	d	0.203	0.015	de	0.116	0.005	cd
TS	0.110	0.008	cd	0.207	0.006	c	0.140	0.006	cde	0.093	0.006	b	0.181	0.010	cd	0.097	0.006	a	0.096	0.005	b	0.190	0.010	cd	0.092	0.012	b
JA	0.115	0.003	cd	0.270	0.019	e	0.156	0.015	e	0.128	0.007	c	0.167	0.006	bc	0.151	0.012	de	0.097	0.006	b	0.227	0.015	f	0.160	0.010	f
JK	0.115	0.003	cd	0.315	0.004	f	0.150	0.007	de	0.130	0.010	c	0.178	0.004	cd	0.120	0.009	bc	0.093	0.011	b	0.209	0.010	de	0.097	0.015	b
A	0.115	0.001	cd	0.190	0.000	c	0.125	0.003	bc	0.097	0.006	b	0.246	0.025	e	0.129	0.009	bc	0.082	0.014	ab	0.216	0.015	ef	0.108	0.008	bc
K	0.106	0.004	b	0.194	0.000	c	0.160	0.009	e	0.090	0.010	b	0.209	0.012	d	0.168	0.007	e	0.088	0.011	ab	0.212	0.007	ef	0.116	0.005	cd

\*Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan antar jenis pupuk pada masing-masing tanah

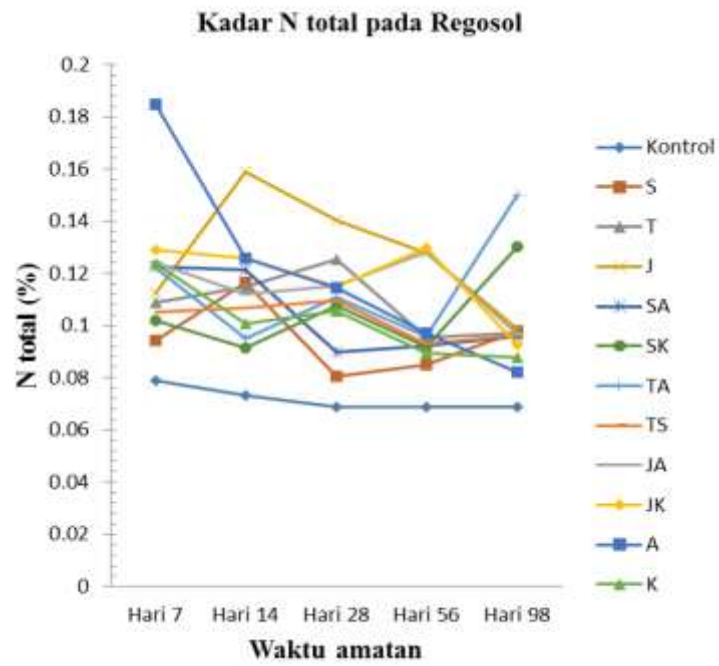


Gambar 1. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total tanah Litosol



Gambar 2. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total tanah Mediteran





Gambar 3. Pengaruh biochar dan pupuk organik terhadap kadar N total tanah Regosol